



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

СБОРНИК ТРУДОВ



ВСЕРОССИЙСКОГО
КОНГРЕССА
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ТОМ 1



Санкт-Петербург

2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

**Сборник трудов
V Всероссийского конгресса молодых
ученых**

Том 1



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург

2016

Сборник трудов V Всероссийского конгресса молодых ученых. Том 1. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 302 с.

В издании «Сборник трудов V Всероссийского конгресса молодых ученых» публикуются работы, представленные в рамках V Всероссийского конгресса молодых ученых и XIII Всероссийской межвузовской конференции молодых ученых, которая состоялась 12–15 апреля 2016 года в Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики.

ISBN 978-5-7577-0536-1

ISBN 978-5-7577-0538-5



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2016

© Авторы, 2016

УДК 637

РАЗРАБОТКА СОСТАВА МОРОЖЕНОГО НА МОЛОЧНО-РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ

М.С. Абдуллаева¹Научный руководитель – к.т.н., доцент Л.А. Надточий¹¹Университет ИТМО

В работе рассмотрена возможность использования культуры киноа в качестве нетрадиционного сырьевого ингредиента, входящего в состав рецептуры диетического мороженого на молочно-растительной основе. Произведен расчет биологической ценности белковой составляющей киноа, подтверждающий ее ценность в качестве источника белка. Рассмотрены способы внесения киноа в смесь мороженого.

Ключевые слова: мороженое, культура киноа, белковая составляющая, коэффициент различий белкового скора, биологическая ценность.

В последние годы изменилось отношение людей к своему образу жизни и здоровью, все большее внимание стало уделяться питанию. Еще столетиями ранее голод сопровождал жизнь большинства людей, речь могла идти только о том, чтобы накормить себя и своих близких, устранить опасность гибели от недоедания и болезней, обусловленных голодом. Однако сегодня задача заключается уже не в том, чтобы просто накормить людей, а в том, чтобы человек в соответствии с потребностями его организма получал нужное ему количество макро- и микро-нутриентов для устранения дефицита одного из этих элементов.

На наш взгляд одной из центральных проблем данного направления оказалась проблема белка. Человек легко удовлетворяет свои потребности в таких веществах, как углеводы (сахара) и жиры. Но нередко даже в наиболее благоприятных условиях для полноценного питания запросы в белке не нормируются: чаще всего делается уклон в сторону животных белков, хотя растительные белки не менее ценны и необходимы для нашего организма.

На первом этапе данной работы был проведен сравнительный анализ зерновых культур по содержанию белка (табл. 1). Наиболее высокие показатели имеет культура киноа, которая имеет большее содержание белка среди наиболее популярных зерновых культур – пшеницы, гречи, кукурузы, риса, ржи, проса, овса. Причем некоторые сорта киноа содержат более 20% белка [1].

Таблица 1. Сравнительный анализ массовой доли белка в продуктах

Анализируемый показатель	киноа	рис	просо	пшеница	кукуруза	рожь	овес	ячмень	греча
Содержание белка, %	14,0–20,0	7,2–8,2	9,4–10,5	12,5–13,5	8,0–9,2	8,6–9,5	9,8–11,0	12,2–13,2	12,3–13,4

Таким образом, в работе рассмотрено применение культуры киноа в качестве нетрадиционного источника белка с целью создания сбалансированных продуктов питания. Была поставлена задача, разработать рецептуру диетического мороженого с применением культуры киноа.

Киноа или Квиноа является однолетним растением, вид рода Марь семейства Амарантовые, произрастает на склонах Анд в Южной Америке. Помимо высокого содержания белка в своем составе, ее преимуществом является тот факт, что она устойчива к неблагоприятным условиям (таким, как засуха) и дает высокий уровень урожая. В этой связи в местах своего произрастания киноа является не менее востребованной культурой, чем картофель и кукуруза. По внешнему виду семена киноа напоминают пшено, при этом они отличаются разнообразием оттенков и в зависимости от сорта могут быть бежевыми, красными или черными [2].

По химическому составу в киноа содержатся все необходимые макронутриенты (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав культуры киноа

Химический состав	Культура киноа
Белки, г	14,0–20,0
Жиры, г	6,1
Углеводы, г	57,2
Вода, г	13,3
Зола, г	2,0
МАКРОНУТРИЕНТЫ	
Бэта-каротин	0,01 мг
Витамин А (РЭ)	1,00 мкг
Витамин В ₁ (тиамин)	0,36 мг
Витамин В ₂ (рибофлавин)	0,32 мг
Витамин В ₅ (пантотеновая)	0,77 мг
Витамин В ₆ (пиридоксин)	0,49 мг
Витамин В ₉ (фолиевая)	0,18 мг
Витамин Е (ТЭ)	2,44 мг
Витамин РР (ниациновый эквивалент)	1,52 мг
Холин	70,20 мг
Кальций	47,00 мг
Магний	197,00 мг
Натрий	5,00 мг
Калий	563,00 мг
Фосфор	457,00 мг
МИКРОНУТРИЕНТЫ	
Железо	4,57 мг
Цинк	3,10 мг
Медь	0,59 мг
Марганец	2,03 мг
Селен	0,09 мг

Говоря о пользе, прежде всего, киноа – это мощное общеукрепляющее средство, которое будет в помощь людям, пережившим недавно сложные болезни или операции, а также тем, кто ведет активный образ жизни. Зерна киноа не содержат глютен, поэтому не способны вызывать аллергические реакции, являются эффективными антиоксидантами. Киноа помогает в быстром заживлении поврежденных тканей, препятствует возникновению анемии, выпадению волос, способствует выведению из организма холестерина, токсинов и множества других вредных веществ.

Важным при оценке белковой составляющей киноа является то, что в отличие от других злаковых, количество аминокислот в киноа достигает 20 типов – таким образом, можно сделать вывод о том, что аминокислотный состав белков киноа хорошо сбалансирован и приближен к белкам животного происхождения (рис. 1) [3].

При оценке биологической ценности белковой составляющей продукта имеет значение количественное представление незаменимых аминокислот в пересчете на 100 г белка (табл. 3). Были получены расчетным путем: коэффициент различий аминокислотного сора (КРАС), биологической ценности (БЦ) [4].

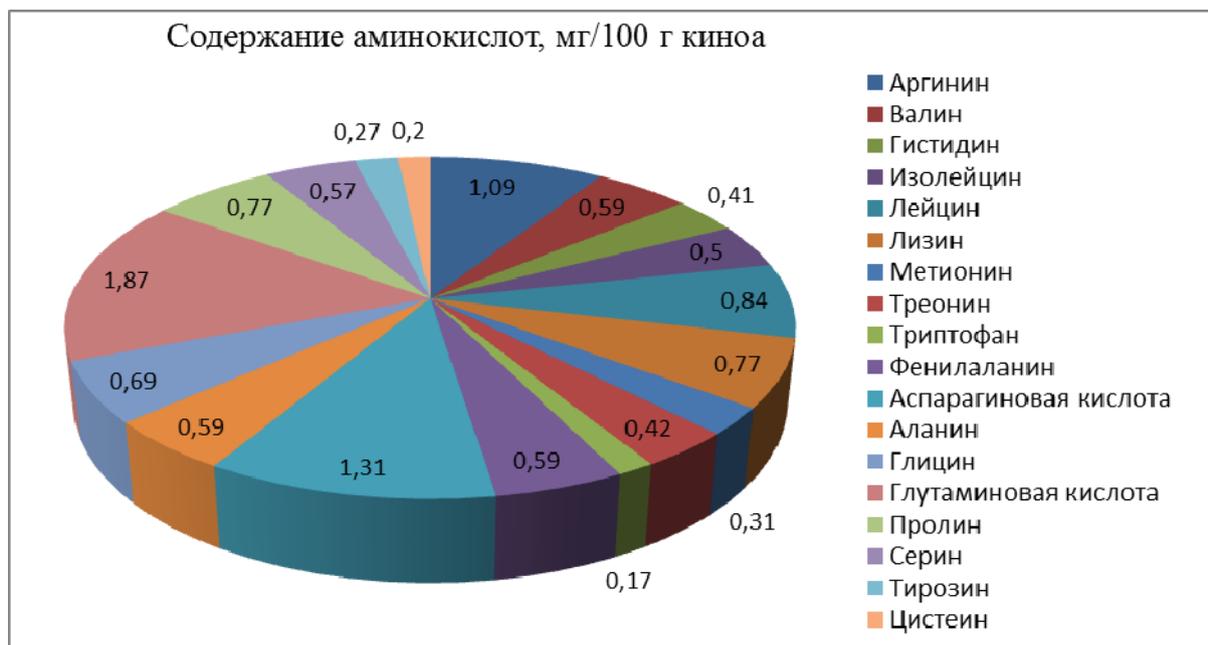


Рис. 1. Аминокислотный состав киноа

Таблица 3. Сравнительный анализ содержания незаменимых аминокислот в киноа

Незаменимые аминокислоты (НАК)	Массовая доля НАК, г/100 г белка		Аминокислотный скор, %	Δ РАС, %
	FAO ВОЗ, 2007 г.	исследуемого		
гистидин	1,5	2,5	166,6	78,6
изолейцин	3,0	3,1	103,3	15,3
лейцин	5,9	5,2	88,0	0
лизин	4,5	4,8	106,6	18,6
метионин+цистеин	2,2	3,2	145,5	57,5
фенилаланин+тирозин	3,8	5,3	139,5	51,5
треонин	2,3	2,6	113,0	25,0
валин	3,9	3,6	92,0	4,0

$$\text{КРАС} = \frac{\sum \Delta \text{РАС}}{n}, \% \text{ КРАС} = 31\%,$$

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}, \% \text{ БЦ} = 69\%.$$

К белково-углеводному относится сырье, обеспечивающее выполнение неравенств: $75\% \geq \text{Б} > 50\%$; $50\% \geq \text{У} > 25\%$. Опираясь на химический состав киноа в пересчете на сухие вещества (СВ) (табл. 4), можно сделать вывод о том, что сырье является белково-углеводным [2].

Таблица 4. Химический состав киноа в пересчете на СВ

Химический состав	В пересчете на СВ	
Белков, %	16,0	55,6
Жиров, %	3,0	10,4
Углеводов, %	9,8	34,0

В работе проведен подбор размера частиц вносимой культуры в рецептуру мороженого и, соответственно, ее количество. Одним из способов добавления киноа в смесь для мороженого являлось ее измельчение до порошкообразного состояния и

внесение в смесь перед пастеризацией. В процессе пастеризации измельченная киноа хорошо впитывает влагу из смеси и значительно увеличивается в размерах. Таким образом, смесь не предусматривает значительное количество культуры в своем составе. Второй способ внесения киноа предусматривает ее предварительную варку до почти готового состояния. При этом как расчетный компонент смеси она не учитывается, а подается в пастеризованную смесь непосредственно перед фризированием в качестве наполнителя, при этом количество вносимой киноа может варьироваться. Органолептические данные такого мороженого значительно отличаются от первого варианта, киноа на вкус напоминает орех, внешний вид мороженого более привлекательный (рис. 2).



Рис. 2. Мороженое с применением цельной приготовленной киноа

В сравнении с традиционными рецептурами мороженого, данная рецептура предполагает низкое содержание углеводо-жировой части и высокое содержание белка, она не содержит сахар, подходит для диетического питания. В настоящее время ведется подбор пищевых добавок – стабилизаторов и подсластителей. Ни для кого не секрет, что в процессе термообработки часть белка культуры денатурирует, в связи с этим в настоящее время рассматриваются режимы термообработки киноа с целью сохранения ее аминокислотного состава.

Литература

1. Абдуллаева М.С., Надточий Л.А. Оценка пищевой ценности культуры киноа // Символ науки. – 2016. – № 1–2(13). – С. 9–11.
2. Свистунов С. «Золотые зерна» инков // Огонек. – 1995. – № 34. – С. 78.
3. Popenoe Hugh. Lost crops of the Incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. – Washington, D.C.: National Academy Press, 1989. – P. 149.
4. Надточий Л.А., Орлова О.Ю. Инновации в биотехнологии. Часть 2. Пищевая комбинаторика: учебно-методическое пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2014. – 43 с.

УДК 51-74

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ
ИЗЛУЧЕНИЕМ****С.В. Акимов¹, М.Я. Афанасьев², Ю.В. Федосов²**¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. профессора М.А. Бонч-Бруевича;²Университет ИТМО

В работе описаны подходы к оптимизации траектории движения исполнительного механизма технологического оборудования, осуществляющего обработку лазерным излучением. Рассмотрены вопросы оптимизации разгона и торможения исполнительного механизма, а также построения наикратчайшего пути, обеспечивающего максимальную скорость обработки и минимальное время вспомогательных ходов инструмента. Предложен метод анализа и оптимизации траектории с применением генетического алгоритма с кроссинговером, аналогичным используемому в задаче коммивояжера.

Ключевые слова: оборудование с ЧПУ, оптимизация траектории, обработка излучением, генетические алгоритмы, задача коммивояжера.

В настоящее время все большее распространение получает технологическое оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ). Помимо классических металлообрабатывающих станков появляются новые типы установок такие, как 3D-принтеры, 3D-сканеры, системы роботизированной сборки и монтажа, лазерные гравировщики, маркировщики и т.д.

Одной из важных задач создания подобных систем является вычисление наиболее оптимальной траектории движения некоторого исполнительного устройства с учетом возможностей программного и аппаратного обеспечения установки, а также механических характеристик используемых электроприводов. Очевидно, что производительность рассматриваемых типов технологического оборудования напрямую зависит от правильности выбора траектории движения, а базовым критерием оптимизации является время обработки. Рассмотрим основные возможности снижения времени обработки за счет оптимизации траектории движения на примере установки селективного отверждения фотополимера.

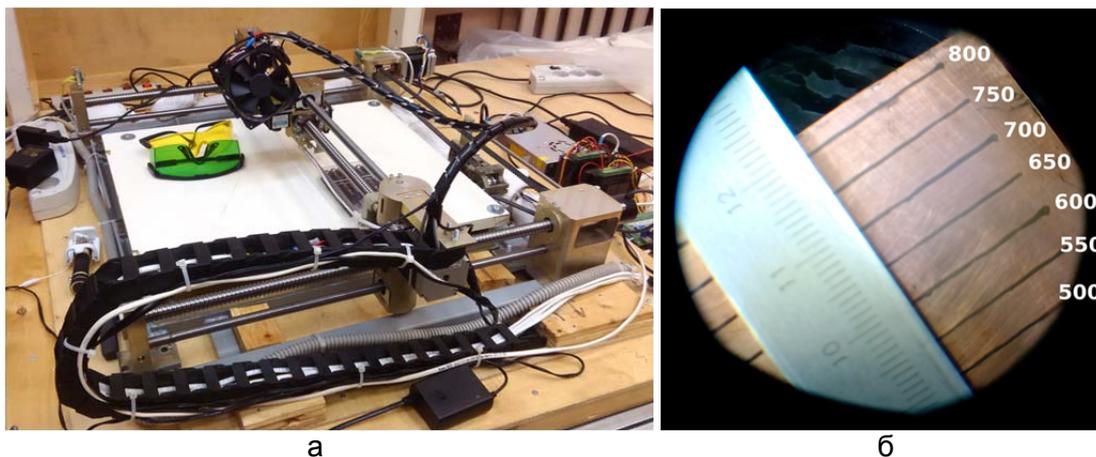


Рис. 1. Общий вид установки для селективного отверждения фотополимера (а); образец заготовки из фольгированного стеклотекстолита после обработки лазерным излучением (б)

Установка (рис. 1, а) представляет собой двухкоординатный стол портального типа, на подвижной каретке которого размещен источник лазерного излучения ультрафиолетового спектра. В качестве заготовки используется листовый материал с нанесенным на его поверхность слоем фотоотверждаемого полимера. Подобное

оборудование может быть использовано, например, для единичного и мелкосерийного производства печатных плат, заготовок для трафаретной печати, маркировки с применением ультрафиолетовых чернил и т.д.

Проведенные эксперименты показали, что даже при использовании маломощного источника излучения (в эксперименте применялся твердотельный лазер с длиной волны 405 нм и оптической мощностью 400 мВт) скорость перемещения лазерной головки оказывает лишь незначительное влияние на качество отверждения фотополимера.

На рис. 1, б, представлен образец заготовки из фольгированного стеклотекстолита марки СТФ с нанесенным на него жидким позитивным фоторезистом POSITIVE 20. По технологии после засветки фоторезиста заготовка была проявлена в растворе каустической соды концентрацией 1–3%, после чего помещена в раствор хлорного железа для удаления меди с незасвеченных участков.

Видно, что в диапазоне скоростей 500–800 мм/мин наблюдалась практически идентичная ширина линий, являющихся следом, оставляемым сфокусированным лазерным лучом. Последнее позволило предположить, что дальнейшее повышение скорости даст возможность при сохранении необходимой для нормального отверждения фоторезиста плотности излучения повысить скорость обработки.

Проблема заключалась в том, что исходными данными для составления управляющей программы обработки являлся файл в формате RS-274X, который содержал лишь координаты структурных элементов топологии печатной платы. Таким образом, траектория движения инструмента задавалась в системе автоматизированного проектирования, следовательно, могла быть неоптимальной, так как данный формат не учитывает скорость и ускорение движения инструмента (в рассматриваемом случае – лазерного луча).

Также необходимо отметить, что область применения формата RS-274X – крупносерийное производство печатных плат, где на его основе печатаются фотошаблоны. В рассматриваемой же установке обработка излучением происходила по одной линии за раз, поэтому в качестве языка написания управляющих программ наиболее целесообразно было использовать G-коды, описывающие траекторию движения лазерного луча. Таким образом, возникла необходимость конвертации сгенерированных в системе автоматизированного проектирования файлов формата RS-274X в G-коды. Именно на этапе конвертирования и может быть применен рассматриваемый алгоритм оптимизации.

Как уже отмечалось ранее, основным критерием оптимизации являлось время обработки. Для рассматриваемого случая выделены три подхода, которые могли быть применены для сокращения времени обработки:

- поиск наиболее продолжительного непрерывного участка траектории без острых углов, на котором каретка стола успеет разогнаться до максимально возможной скорости с учетом ограничений максимального ускорения и рывка;
- минимизация вспомогательных ходов, когда каретка движется при выключенном источнике излучения;
- комбинация первых двух подходов, позволяющая найти максимально протяженную траекторию без острых углов, включающую в себя как рабочие, так и вспомогательные ходы с учетом того, что время включения и выключения лазерного излучения рассматриваемой установки крайне мало [1].

Предложена следующая реализация данной методики. Вначале на площадь, ограничивающую область обработки накладывается координатная сетка с заданным шагом разбиения. Траектория, заданная координатами узлов и множеством ребер разбивается на сегменты. Причем с учетом особенности работы оборудования с ЧПУ, реализующим как линейную, так и круговую интерполяцию,

в качестве ребра можно рассматривать не только отрезки прямой, но сегменты окружности.

Сегменты нумеруются и помещаются в список. Каждый сегмент в списке содержит информацию о направленности траектории движения. Последовательность сегментов в списке определяет последовательность их обхода. Общее время, затрачиваемое на прохождение траектории движения, определяется временем, затрачиваемым на прохождение всех сегментов (когда лазер включен) и временем вспомогательных ходов, которые по определению выполняются на максимально допустимой скорости (рис. 2).

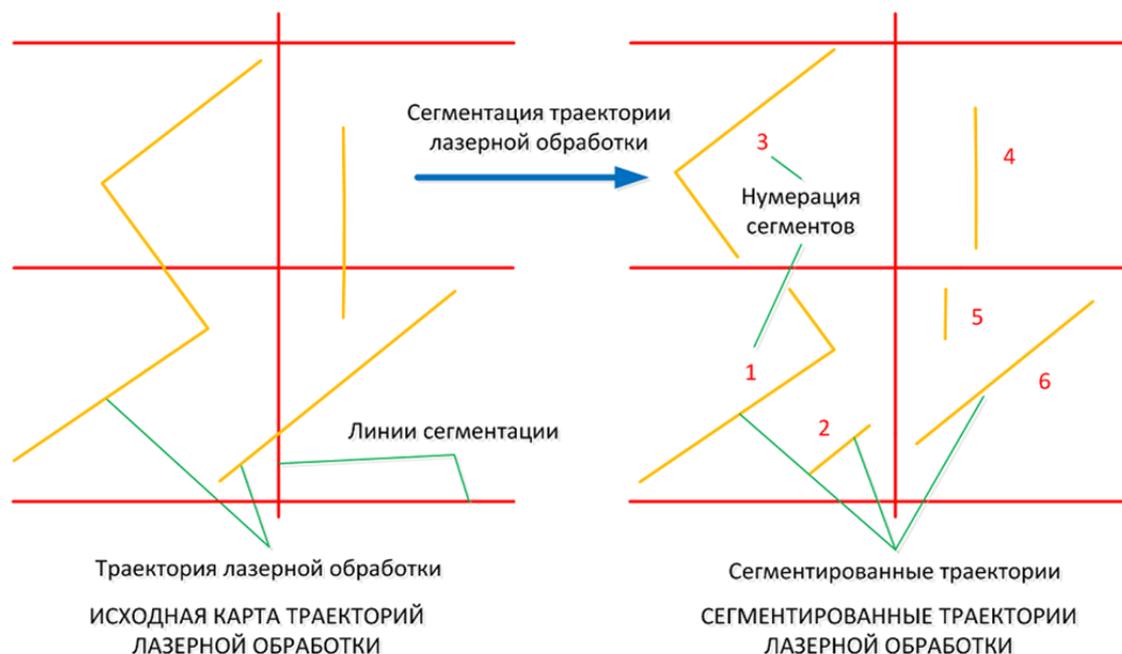


Рис. 2. Разбиение траектории обработки на сегменты

Каждый сегмент может быть представлен следующим образом:

$$S_i \stackrel{\text{def}}{=} \{x_a, y_a, x_b, y_b, l, v, t, d, i\}, \quad (1)$$

где x_a, y_a, x_b, y_b – координаты начала и конца сегмента (точки a и b) соответственно; l – длина сегмента; v – скорость прохождения сегмента; t – время, затрачиваемое на прохождение сегмента; d – направление прохождения сегмента; i – номер сегмента в очереди обработки. Список сегментов полностью определяет траекторию обработки:

$$List \stackrel{\text{def}}{=} S_{i,j}, j \in 1 \dots n, \quad (2)$$

где n – число сегментов; i – номер (идентификатор) сегмента; j – номер сегмента в списке, задающий очередь обработки. Тогда время, затрачиваемое на обработку:

$$T = T_p + T_x, \quad (3)$$

где T_p – время, затрачиваемое на обработку; T_x – общее время, затрачиваемое на прохождение кареткой от одного сегмента к другому, плюс время, необходимое для подхода к первому сегменту, и от первого к базе.

Задача оптимизации времени также может быть решена с использованием генетических алгоритмов [2]. Хромосома будет состоять из генов, описывающих последовательность прохождения сегментов и их ориентацию, определяющую направление обработки (рис. 3).

Кроссинговер будет во многом похож на кроссинговер, используемый в генетическом алгоритме, применяемом для решения задачи коммивояжера. Аналогия с решением задачи коммивояжера методом генетических алгоритмов позволяет предположить эффективность применения данной стратегии для решения задачи оптимизации траектории движения при обработке излучением. Для повышения

эффективности алгоритма можно применить эвристику, заключающуюся в изменении ориентации соседнего сегмента таким образом, при котором расстояние между концами сегмента, а следовательно, и путь вспомогательного хода будут минимальными.

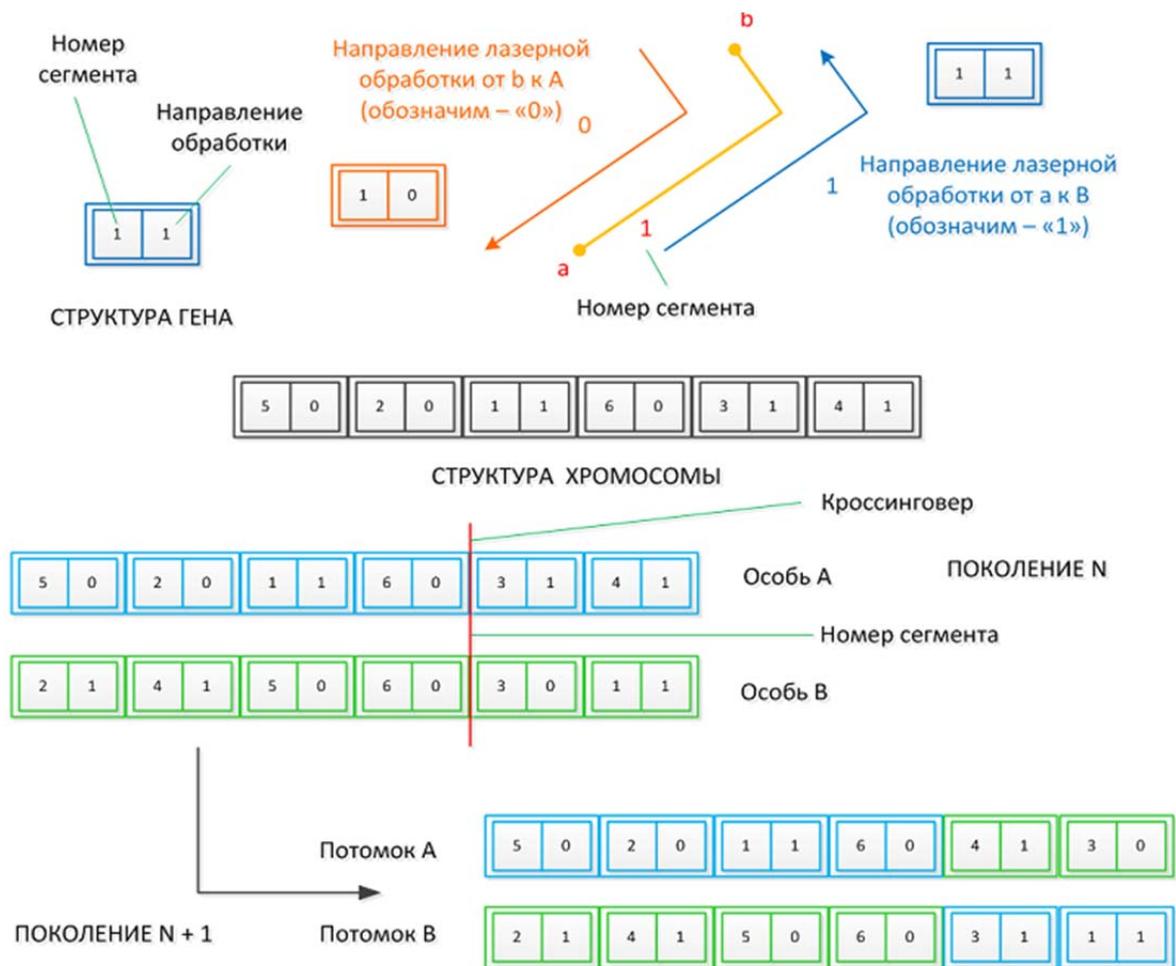


Рис. 3. Общая схема генетического алгоритма

Также возможно применение эвристического метода последовательного улучшения прототипа, объединенного с методом глобального адаптивного случайного поиска, предложенного профессором кафедры статистического моделирования Санкт-Петербургского государственного университета Ю.А. Сушковым [3]. В данной стратегии сначала случайным образом генерируется множество решений, из которых отбирается n наилучших. Далее эти решения модифицируются путем применения перестановок. Из полученных решений вновь отбирается n наилучших, причем от итерации к итерации диапазон (расстояние Хэмминга) сокращается. После заданного числа итераций для каждого из решений запускается процесс совершенствования прототипа.

Литература

1. Afanasyev M.Y., Fedosov Y.V., Nemkova A.A. Designing features of power optical units for technological equipment // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. – 2015. – V. 16. – № 2(102). – P. 244–250.
2. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Физматлит, 2006. – 320 с.
3. Сушков Ю.А. Метод, алгоритм и программа случайного поиска. – Л.: ВНИИТрансМаш, 1969. – 43 с.

УДК 621.833

**ОБЗОР МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ
КОЛЕС**

М.Г. Акоюн¹, А.И. Петров¹

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.С. Резников¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрены методы компьютерного и математического моделирования зубьев эвольвентных зубчатых колес. Приведены достоинства и недостатки всех рассматриваемых методов. Даны практические рекомендации для практического применения рассмотренных методов на основании их основных характеристик. Приведены перспективы развития моделирования зубьев зубчатых колес.

Ключевые слова: моделирование, зубчатое колесо, векторные замкнутые контуры, компьютерное моделирование, математическое моделирование, эволюционная модель.

Зубчатые колеса являются самыми распространенными деталями в современном машиностроении. Процесс их производства весьма сложен, трудоемок и малопроизводителен. Методика исследования свойств и параметров зубчатых колес без производства – один из наиболее важных факторов, упрощающих, ускоряющих и повышающих эффективность производство [1–5].

В XXI веке математическая модель интерпретируется как совокупность математических объектов (чисел, символов, множеств и т.д.), описывающих наиболее важные для исследователя свойства технического объекта, процесса или системы, а математическое моделирование понимается как процесс построения математической модели и работа с ней, имеющие цель – получение новых сведений об объекте исследования.

Математическое моделирование зубчатых колес является неотъемлемой частью процессов изготовления, исследования и использования зубчатых колес. Благодаря математическому моделированию возможно в кратчайшие сроки и без больших материальных затрат воссоздать как само зубчатое колесо, так и условия его применения. В первую очередь это необходимо в целях испытания спроектированной детали и, при необходимости, корректирования его параметров до этапа производства. Также благодаря новейшим методам математического и компьютерного моделирования возможно испытание зубчатых колес и передач на трение и износ.

Исследование теории и практики математического моделирования процессов исследования, изготовления и проектирования зубчатых колес и зацеплений показало, что этой области посвящено огромное количество научных работ. Основная масса методов сводится к математическому описанию эвольвентного зацепления. Такой подход универсален, но описывает зубчатое колесо в момент простоя. Для описания зубчатого зацепления в движении требуются ввод дополнительных переменных и новые расчеты. Также большая масса работ посвящена частным случаям зубчатых зацеплений (например, зацепление рейка-колесо). Приведенные математические модели являются наиболее универсальными и разнообразными с точки зрения исследования различных стадий жизненного цикла зубчатых колес.

Метод математического моделирования векторных замкнутых контуров. Метод математического моделирования векторных замкнутых контуров основывается на замкнутых векторных контурах, состоящих из отдельных векторов. ρ_i – длина вектора и φ_i – угол вектора. Подобные векторные замкнутые контуры можно привести к виду элементарных векторных замкнутых контуров-модулей с заранее известными и подробно описанными решениями, что позволяет строить систему векторных контуров,

достаточно простым методом подбора требуемых модулей, тем более что для плоских моделей таких модулей всего 4, а для пространственных – 20.

Математическая модель, описывающая эвольвенту поверхности зуба, состоит из цепочки векторных контуров вдоль профиля зуба. Такая модель характеризуется жесткой структурой: большим количеством векторов; жестко заданными параметрами векторов. Приведенные выше характеристики модели, приводят к существенным затруднениям при перенастройке данной векторной модели, связанным с необходимостью вводить (или изменять) большое количество векторов для достижения необходимой точности описания профиля эвольвенты. В связи с этим для построения такого сложного варианта контурных систем применен подход моделирования векторных систем, основанный на вводе новых понятий – «промежуточные аргументы» и «векторный контур модели одной точки профиля (кривой)». Описываемый подход включает в себя решение двух подзадач:

1. описание двух поверхностей зуба;
2. описание высоты зуба Δ в конкретном сечении.

Поверхность зуба строится по свойству эвольвенты. Результатом моделирования является объединенная векторная модель, приведенная на рис. 1.

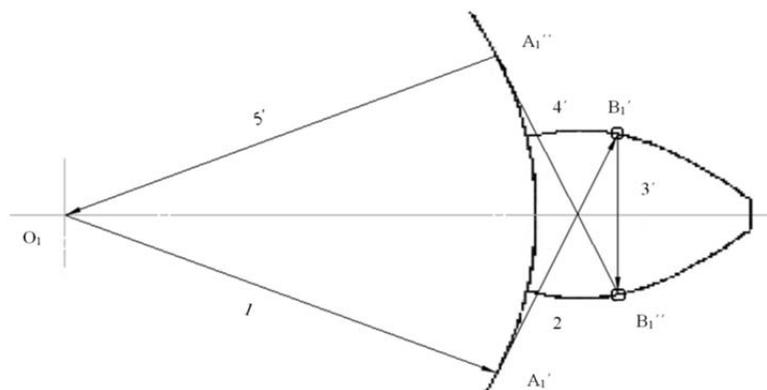


Рис. 1. Объединенная векторная модель

Решением поставленных задач является полученная модель (векторный контур 1-2-3'-4'-5').

Определение координат точек B_1' и B_2'' требует использования вспомогательных векторных моделей, сходных с моделями 1 и 2. Изменение углов наклона векторов 1, 5 и длин векторов 2, 4 позволяет получить траекторию поверхностей зуба.

Представленная модель описывает поверхность отдельного зуба шестерни в один и тот же момент времени, параметры углов наклона векторов 1, 5 и длин векторов 2, 4 являются промежуточными одномоментными по времени аргументами. Введение этих же параметров в основные аргументы модели позволяет получить поворот зуба и описать положение зуба в различные моменты времени.

Достоинствами данного метода являются:

- простота: реализация данной модели не требует больших математических вычислений и, соответственно, производительных вычислительных систем;
- возможность варьирования шага изменения промежуточных и основных аргументов модели;
- как следствие из первых двух пунктов, приведенных выше, возможность оперативно добиваться нужной точности вычислений при описании поверхности зуба шестерни и его движения.

К недостаткам стоит отнести:

- отсутствие возможности моделирования процессов изнашивания в зацеплении;
- необходимость определенности аргументов модели и связей между отдельными векторами и контурами в каждый момент времени.

Метод математического моделирования векторных замкнутых контуров идеально подходит для описания не громоздких систем с зубчатым зацеплением, в случае отсутствия необходимости учета процессов изнашивания зубьев.

Математическое моделирование зубчатого зацепления с учетом непрерывного изменения формы зубьев вследствие изнашивания. Полноценное и всестороннее исследование зубчатого зацепления требует учета непрерывного изменения формы зубьев, вызванного процессом непрерывного изнашивания при математическом моделировании.

Расчеты передач на износ производятся с целью определения ресурса работы или стыкования конструктивных параметров передачи, при которых он имеет максимальное значение.

Изнашивание приводит к изменению различных эксплуатационных характеристик передачи: уменьшается изгибная и контактная прочность зубьев, увеличивается циклическая погрешность и мертвый ход, возрастают динамические нагрузки и т.д.

Описываемое моделирование относится к цилиндрической прямозубой передаче, и во многих аспектах основывается на положениях упруго-статической модели, успешно применяемой при синтезе приближенных зацеплений.

В основе эволюционного подхода к моделированию лежит деление процесса изнашивания на ряд шагов. Изменение наработки Δn на каждом шаге выбирается настолько малым, что в его пределах условия изнашивания можно считать постоянными. Отсюда следует, что приращение износа ΔH_i можно считать постоянным и в любой i -ой точке профиля с достаточной степенью точности можно выразить уравнением:

$$\Delta H_i = I_i \cdot \Delta n, \quad (1)$$

где I_i – интенсивность изнашивания:

$$I^* = \frac{dH}{ds} = kq^\alpha, \quad (2)$$

где dH – величина износа; ds – путь трения; q – контактное давление; α – находится в пределах $1 \leq \alpha \leq 3$ (для приработанных поверхностей $\alpha \approx 1$); k – интенсивность физико-химических процессов во фрикционном контакте, определяемая экспериментально.

Износ эквивалентен перемещению точки по нормали к поверхности трения (рис. 2), и, при известных координатах достаточно большого m числа точек, задающих профиль зуба в начале шага изнашивания $\{x_i, y_i\}_{i=1}^{i=m}$, их координаты $\{x_i^h, y_i^h\}_{i=1}^{i=m}$ в конце этого шага равны:

$$x_i^h = x_i + I_i e_{ix} \Delta n; \quad (3a)$$

$$y_i^h = y_i + I_i e_{iy} \Delta n, \quad (3b)$$

где e_{ix}, e_{iy} – проекции орта нормали на оси координат.

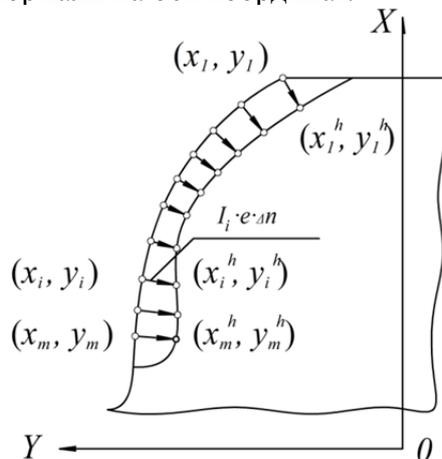


Рис. 2. Математическая модель процесса трения

Координаты точек $\{x_i^h, y_i^h\}_{i=1}^{i=m}$ определяют новую форму профилей зубьев. Дальнейшее моделирование процесса в каждой из этих точек требует поиска новых значений ортов нормалей и аргументов функции интенсивности изнашивания, т.е. нагрузки, радиусы кривизны и скорости общей точки по профилям зубьев шестерни и колеса. Это производится в ходе решения обратной задачи теории зацепления. Отсюда следует, что основой любой эволюционной модели процесса изнашивания зацепления является алгоритм решения обратной задачи при точечном задании профилей.

Классическая постановка обратной задачи основывается на аналитическом задании профилей зубьев, в виде функций или систем уравнений, описывающих инструмент и станочное зацепление. Следовательно, первый этап решения этой задачи – это переход от координатного к аналитическому описанию профилей изнашивающихся зубьев.

Для удобства и упрощения моделирования задается шаг износа ΔH , равный приращению износа в точке с максимальной интенсивностью изнашивания I_m .

Связь между шагом наработки и шагом износа задается уравнением:

$$\Delta n = \frac{\Delta H}{I_m}. \quad (4)$$

С математической точки зрения, представленная модель является численным решением в каждой i -ой точке профиля с радиус-вектором r_i задачи Коши для дифференциального уравнения:

$$r_i' = I_i e_i. \quad (5)$$

Уравнение (5) решается методом Эйлера, обеспечивающим первый относительно Δn порядок точности. В случае произведения уточнение координат точек изношенного профиля на каждом шаге по формулам:

$$x_i^h = x_i + \frac{1}{2}(I_i e_{ix} + I_i^* e_{ix}^*) \Delta n; \quad (6a)$$

$$y_i^h = y_i + \frac{1}{2}(I_i e_{iy} + I_i^* e_{iy}^*) \Delta n, \quad (6б)$$

где I_i^*, e_i^* – интенсивность изнашивания и орт нормали для профиля, с предварительно рассчитанными по уравнениям (3) координатами точек – то способ решения будет соответствовать модифицированному методу Эйлера, обеспечивающему второй порядок точности.

Данный метод моделирования обладает ярко выраженными достоинствами:

1. возможность учета непрерывного изменения формы зубьев при моделировании;
2. высокая точность;
3. благодаря первым двум пунктам – возможность проведения прочностных расчетов, при произведении некоторых дополнительных вычислений.

Недостатком данного метода является громоздкость вычислений, требующая использования современных компьютеров с высокой производительностью. Это, в свою очередь, приводит к материальным затратам.

Основная функция такого моделирования – учет непрерывных процессов трения в зубчатом зацеплении, что позволяет на этапе проектирования корректировать параметры зубчатых колес. Как итог, нет необходимости в нескольких циклах производства опытных образцов, значительно увеличивающих материальные и временные затраты.

Моделирование с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР). В последнее время огромное распространение получили системы автоматизации проектирования, значительно упрощающие все процессы в течение жизненного цикла элементов механизмов и машин.

В рамках жизненного цикла промышленных изделий САПР решает задачи автоматизации стадий проектирования и подготовки производства.

Основная цель создания САПР – повышение эффективности труда инженеров, включая:

- сокращение трудоемкости проектирования и планирования;
- сокращение сроков проектирования;
- сокращение себестоимости проектирования и изготовления, уменьшение затрат на эксплуатацию;
- повышение качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;
- сокращение затрат на натурное моделирование и испытания.

Достижение целей создания САПР обеспечивается путем:

- автоматизации оформления документации;
- информационной поддержки и автоматизации принятия решений;
- использования технологий параллельного проектирования;
- унификации проектных решений и процессов проектирования;
- повторного использования проектных решений, данных и наработок;
- стратегического проектирования;
- замены натуральных испытаний и макетирования математическим моделированием на ЭВМ;
- повышения качества управления проектированием;
- применения методов вариантного проектирования и оптимизации;
- уменьшения объема испытаний и доводки опытных образцов в результате повышения уровня достоверности проектных решений и, следовательно, снижение временных затрат.

Инженерные расчеты в САЕ-системах:

- прочностной анализ;
- расчеты зубчатых передач, пружин, балок, разъемных соединений.

По рассчитанным параметрам система автоматически генерирует 3-х мерные детали.

КОМПАС-SHAFT 2D и КОМПАС-SHAFT 3D – это интегрированные системы моделирования тел вращения.

КОМПАС-SHAFT 2D и КОМПАС-SHAFT 3D позволяют:

- создать простые ступени валов и втулок;
- построить на их поверхностях различные конструктивные элементы (шлицевые, шпоночные и резьбовые участки, канавки, кольцевые пазы и т.д.);
- спроектировать и рассчитать элементы механических передач;
- дополнить чертеж автоматически сгенерированными видами и сечениями модели, таблицами параметров и выносными элементами зубчатых передач;
- выполнить расчеты на прочность и долговечность валов, подшипников и шлицев (в КОМПАС-SHAFT 2D).

При использовании библиотек, расчет параметров и создание модели происходит автоматически.

Геометрический расчет выполняется в соответствии с ГОСТ 16532-70. Расчет на прочность и долговечность выполняется согласно ГОСТ 21354-87.

В КОМПАС-SHAFT 2D имеется возможность рассчитать шлицевое соединение на смятие и на износ.

Расчитанные параметры будут представлены в виде таблицы, которую можно распечатать или сохранить в файле.

Заключение. Исследование теории и практики математического моделирования процессов исследования, изготовления и проектирования зубчатых колес показало, что этой области посвящено огромное количество научных работ. Основная масса методов сводится к математическому описанию эвольвентного зацепления. Такой подход универсален, но описывает зубчатое колесо в момент простоя. Для описания зубчатого зацепления в движении требуются ввод дополнительных переменных и новые расчеты. Также большая масса работ посвящена частным случаям зубчатых зацеплений (например, зацепление рейка-колесо). Приведенные математические модели являются наиболее универсальными и разнообразными с точки зрения исследования различных стадий жизненного цикла зубчатых колес.

Метод замкнутых векторных контуров базируется на основах описания эвольвентного зацепления. Данный метод идеально подходит в случае необходимости моделирования «общего вида» зубчатого зацепления, где основной задачей является описание контакта зубьев в целом без учета постоянного изменения формы зубьев. Основным достоинством метода замкнутых векторных контуров является возможность описания поворота зубчатого колеса без значительного усложнения расчетов.

Эволюционная модель зубчатого зацепления является следующим этапом развития методов математического моделирования зубчатых колес. Эта модель позволяет всесторонне описать зубчатое зацепление. Благодаря эволюционной модели возможно произвести исследование износа зубчатых колес в процессе работы, что значительно сокращает время проектирования и избавляет от необходимости в нескольких этапах производства опытных. Качественная реализация этой математической модели на современных вычислительных системах в виде программного обеспечения (ПО) позволит значительно снизить временные затраты на расчеты и повысить точность. Также при незначительной доработке эволюционного метода моделирования возможно производство прочностных расчетов зубчатых колес.

Наиболее перспективные методы – это методы моделирования в САПР, в основе которых лежат математические модели. Благодаря произведенной интеграции всех расчетов в ПО, интерфейс становится простым и понятным, а полученные результаты – наглядными. В конечном итоге инженер получает все результаты испытаний в виде таблиц, графиков и рисунков с указанием проблемных зон, что упрощает дальнейшую работу по созданию деталей механизмов и машин.

Литература

1. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления. – М.: Советское радио, 1976. – 344 с.
2. Трудоношин В.А., Пивоварова Н.В. САПР: Система автоматизированного проектирования: учеб. пособие для вузов. В 9 кн. Кн.4. Математические модели технических объектов / Под ред. И.П. Норенкова. – Минск: Высшая школа, 1988. – 159 с.
3. Семенов Б.П. Аналитика элементарных векторных модулей. Методическое пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1989. – 40 с.
4. Семенов Б.П., Тихонов А.Н., Косенок Б.Б. Модульное моделирование механизмов. – Самара: СГАУ, 1996. – 98 с.
5. Семёнов Б.П. Элементарные модули векторных моделей. – Самара: СамНЦ РАН, 2000. – 99 с.

УДК 004.925.4+747.012.1+7.021.22+7.021.23

**МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ
ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ АКАДЕМИИ ХУДОЖЕСТВ**

Е.А. Акулаева¹

Научный руководитель – ст. преподаватель Л.П. Сопроненко¹

¹Университет ИТМО

При виртуальной реконструкции исторических интерьеров, в которых присутствуют росписи, возникает проблема цветовоспроизведения и цветопередачи. Студентам Академии художеств были предоставлены развертки потолка Трапезной палаты Фёдоровского городка, полученные из 3D-модели, эскизы иконописцев и черно-белая фотография интерьера Трапезной палаты 1917 года. Студенты создали варианты цветового решения росписей, которые были использованы в 3D-модели для тонального анализа.

Ключевые слова: виртуальная реконструкция, росписи, цветовоспроизведение, цветопередача, 3D-модель, эскизы, исторические интерьеры, тональный анализ, русский стиль.

В первой половине XIX – начале XX века в странах Европы в области архитектуры, живописи и декоративного искусства наблюдался интерес к ретроспективизму. Характерной особенностью этого стиля являлся отказ от стилизации в пользу буквального копирования исторических памятников. В России вариант этого стиля получил название «Русский стиль». В советский период использовались также термины «неорусский» и «псевдорусский», так как наибольшего расцвета стиль достиг в императорской России, и его эстетика и идеология вступала в противоречие с коммунистическими идеалами интернационального искусства. Русский стиль во многом опирается на церковную архитектуру и живопись. Существует устойчивое выражение «Святая Русь», где сакральность понимается гораздо более широко, чем только принадлежность к православной конфессии.

Русский стиль во многом явился противопоставлением, доминирующим в России на протяжении XVIII и XIX веков общеевропейским стилям, таким как барокко и классицизм. Однако именно композиционные принципы классицизма лежали в основе построек К. Тона, таких как Большой Кремлевский дворец (1838) и Храм Христа Спасителя (1839) в Москве. Стиль построек Тона определяется как Русско-Византийский. Со второй половины XIX века возникают кружки, вокруг которых объединяется русская интеллигенция в поисках народных идеалов и собственной идентичности, как в идеологическом, так и в эстетическом аспекте. Ярким примером подобных объединений могут служить: кружок в Абрамцево, участниками которого были художники Репин, Серов, Васнецов, Нестеров, Коровин, где в мастерских создаются произведения декоративно-прикладного искусства в духе народных промыслов, а также центр возрождения русской народной культуры в Талашкино, где были проведены раскопки древних курганов, созданы школа и мастерские для обучения детей ремеслам, и где художники Врубель, Малютин, Рерих на основе древнерусских образцов создавали предметы дизайна. Третьим, наиболее важным, центром Русского стиля стал Фёдоровский (Русский) городок в Царском селе (г. Пушкин), так как именно здесь эстетические и идеологические задачи воссоздания образа Святой Руси были решены комплексно на государственном уровне.

Фёдоровский городок – архитектурно-исторический ансамбль, построенный по указу императора Николая II в 1913–1918 гг. по чертежам архитектора С.С. Кричинского на территории г. Пушкин. Комплекс представляет собой миниатюрную крепость с многочисленными постройками, каждая из которых имеет свои уникальные черты, присущие архитектуре средневековых центров Руси [1]. Трапезная палата была построена в стиле московского зодчества XVII века, повторяя мотивы Теремного дворца и Грановитой палаты Московского Кремля. Трапезная палата

с Трапезным залом предназначалась для деятельности «Общества возрождения художественной Руси», проведения концертов и выставок предметов древнерусской старины, по образцам которых предполагалось создавать предметы дизайна [2]. Росписи в Русском городке выполняли художники В. Васнецов, Н. Рерих, Г. Пашков.

В Трапезной палате был применен железобетонный каркас, заполненный кирпичной кладкой. Характерные для русского зодчества каменные своды в интерьере Трапезной были заменены ложными бетонными сводами по сетке, а междуэтажные перекрытия были оставлены плоскими. В интерьере Трапезной палаты росписи были сделаны по штукатурному слою. Художественным руководителем работ был В. Васнецов, росписи выполнены Г. Пашковым. За колористическую и стилистическую основу были взяты интерьеры Золотой и Столовой палат Теремного дворца Московского Кремля и палаты бояр Романовых. Особенностью разработки сюжетов росписей Трапезной палаты Фёдоровского городка является то, что новозаветные образы сочетаются не с ветхозаветными библейскими, а с исконно русскими мифопоэтическими образами. В росписях и лепке присутствуют изображения птиц Алконоста и Сирина, Льва и Единорога у Древа мирового, Китовраса, Жар-птицы, Грифонов, всадника-змееборца, русского тотемного Медведя, Солнца, Луны, Круга солнечного, Лестницы возраста человеческого. Также в распалубках присутствуют 8 изображений орлов, как символов царской власти с гербов от Ивана III до Алексея Михайловича. В центре – двуглавый орел. Поверхности были заполнены «травной» росписью и множеством изображений птиц.

На сегодняшний день интерьер главного зала Трапезной палаты полностью утрачен. В 2015 году на кафедре ГТ Университета ИТМО была выполнена выпускная квалификационная работа по созданию виртуальной реконструкции интерьера Трапезной палаты Фёдоровского городка [3]. В процессе работы над виртуальной реконструкцией была решена задача построения криволинейных сводов, найдены точки пересечения кривых поверхностей, что позволило практически использовать проект для создания разверток эскизов росписей потолка Трапезной палаты.

При виртуальной реконструкции исторических интерьеров, в которых присутствуют росписи, возникает проблема воспроизведения сложного полноцветия красочных тонов – колеров, которыми выполняются росписи – в силу конструктивной и технической специфики современных компьютерных технологий (электронная передача изображения на светящемся дисплее). Для передачи колорита росписи стен Трапезной палаты необходимо создание эскизов росписей при участии стенописца. Решением этой задачи занялись студенты 2 и 3 курсов Академии Художеств под руководством А. Крылова. Студентам были предоставлены:

1. развертки:

- общая цветная схема разверток в формате А4 (рис. 1, а);

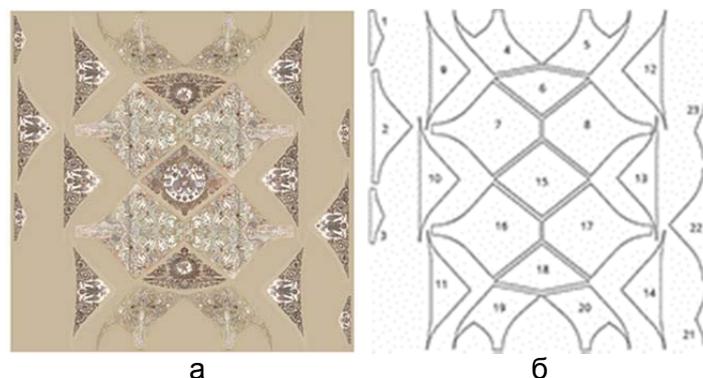


Рис. 1. Общая цветная схема разверток (а); черно-белая геометрическая схема разверток, на основании полученных материалов студентами были созданы эскизы 12 вариантов цветового решения росписей сводов Трапезной палаты (рис. 2) (б)

- черно-белая контурная геометрическая схема разверток в формате А4 с указанными номерами на каждом типе развертки (рис. 1, б);
 - черно-белые геометрические развертки по одной каждого типа в масштабе 1:10;
2. существующие черно-белые эскизы иконописцев в масштабе 1:12;
 3. изображения виртуальной реконструкции интерьера Трапезной палаты из существующей 3D-модели;
 4. единственный сохранившийся источник прежнего вида интерьера – черно-белая фотография 1917 года в формате А4.



Рис. 2. Экспозиция работ студентов

Плоскостные изображения были использованы как текстуры в 3D-модели (рис. 3). Изображения виртуальной реконструкции, полученные в результате, были переведены в черно-белый цвет и сопоставлены с черно-белой фотографией Трапезной палаты 1917 г. (рис. 4). По тональному анализу можно определить, какие варианты цветовых решений студентов наиболее соответствуют цветовому решению Трапезной палаты.

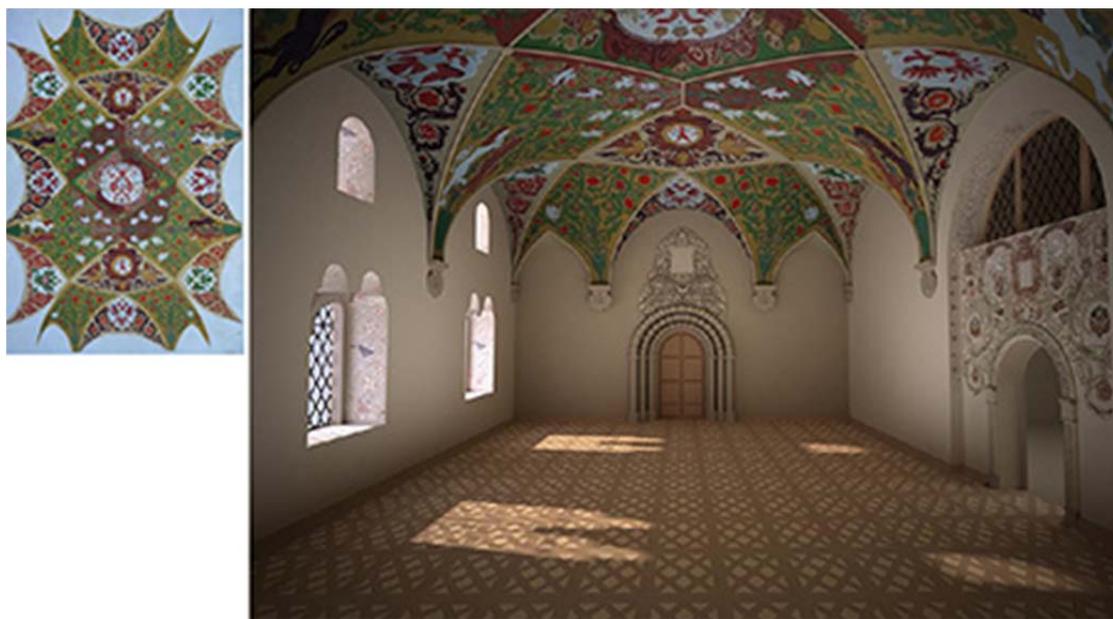


Рис. 3. Виртуальная реконструкция на основе эскизов студентов



Рис. 4. Тональный анализ. Фотография 1917 года (а); 3D-модель (б)

Таким образом, виртуальная реконструкция позволяет оценить конкретное тональное и колористическое решение, предложенное автором, увидев его в пространстве. В дальнейшем можно использовать выбранные эскизы для создания реставрационного картона в масштабе 1/1.

Литература

1. Капралов М.П., Шабарова Ю.В. Русский городок Царского Села – Китеж XX века: иллюстрированная история Фёдоровского городка и «Общества возрождения художественной Руси». – СПб.: Царскосел. иконопис. мастерская; Царское Село [Пушкин, Ленинградская обл.], 2010. – 118 с.
2. Возрождение художественной Руси. Русский Городок (видеофильм). – СПб.: Общество русской традиционной культуры: Videостудия «Искона», 2009.
3. Акулаева Е.А. Дипломная работа: «Виртуальная реконструкция интерьера Трапезной палаты Фёдоровского городка в Царском Селе». – СПб.: Университет ИТМО, 2015.

УДК 663.479.1

DEVELOPMENT OF WHEAT KVASS TECHNOLOGY

M.S. Alexeeva¹

Supervisors:

PhD, Associate Professor P.E. Balanov¹; PhD, Associate Professor N.A. Dmitrenko¹

¹ITMO University

Nowadays healthy eating is of importance; therefore the relevance of this study is due to the achievement of the following objective, i.e. the development of kvass technology. Kvass, prepared on the basis of wheat malt, fermented with the help of yeast and lactic acid bacteria, has some healthy properties.

Keywords: kvass, wheat kvass, soft drink, wheat malt, lactic acid bacteria.

Introduction. Soft drinks are available in the same form almost anywhere in the world. They are sold in bottles, cans, laminated paper packs, to name but a few. Soft drinks are sweetened water-based beverages, usually with balanced acidity. They are flavored, frequently colored and often contain some amount of fruit juice, fruit pulp or other natural ingredients. There are two basic types of soft drinks: the so-called ready-to-drink (RTD) products that dominate the world market and the concentrated or dilute-to-taste products which are still important in some markets.

Kvass is a type of ready-to-drink beverages. We drink it when we are very thirsty. This is a fermented soft beverage, usually dark in color, with a volume fraction of ethyl alcohol not more than 1.2%. Kvass is rich in amino acids, vitamins, enzymes and trace elements. Thus, in its composition there are vitamins PP and B, H and E. Kvass contains fluorine, phosphorus, cobalt, copper, zinc, molybdenum and iron. At the present time manufacturers produce many

synthetic substitutes of kvass (the so-called "kvass drinks"). They usually consist of soda (the solution of carbon dioxide), sweeteners, flavoring – taste simulator of kvass, and are sold in plastic bottles. But their nutritional value is lower than that of rye kvass [1].

Nowadays a healthy, balanced diet is of importance, therefore the relevance of this study is due to the achievement of the following objective, i.e. the development of wheat kvass technology. Kvass, prepared on the basis of wheat malt, fermented with the help of yeast and lactic acid bacteria, has some healthy properties.

Rye kvass takes a special place in a variety of drinks at the present time, although in the 19th century it was also popular as fruit and bread kvass. Unfortunately, all of those formulations were lost.

Materials and methods. The research goal is to develop a new formulation of this nonalcoholic drink. For a scientific approach to the development of wheat kvass technology a number of problems had to be solved. They are:

- to analyze the data available, to select raw materials and to choose the appropriate methods of the experiments;
- to conduct the experiments;
- to evaluate the organoleptic and physico-chemical properties of the resulting beverage;

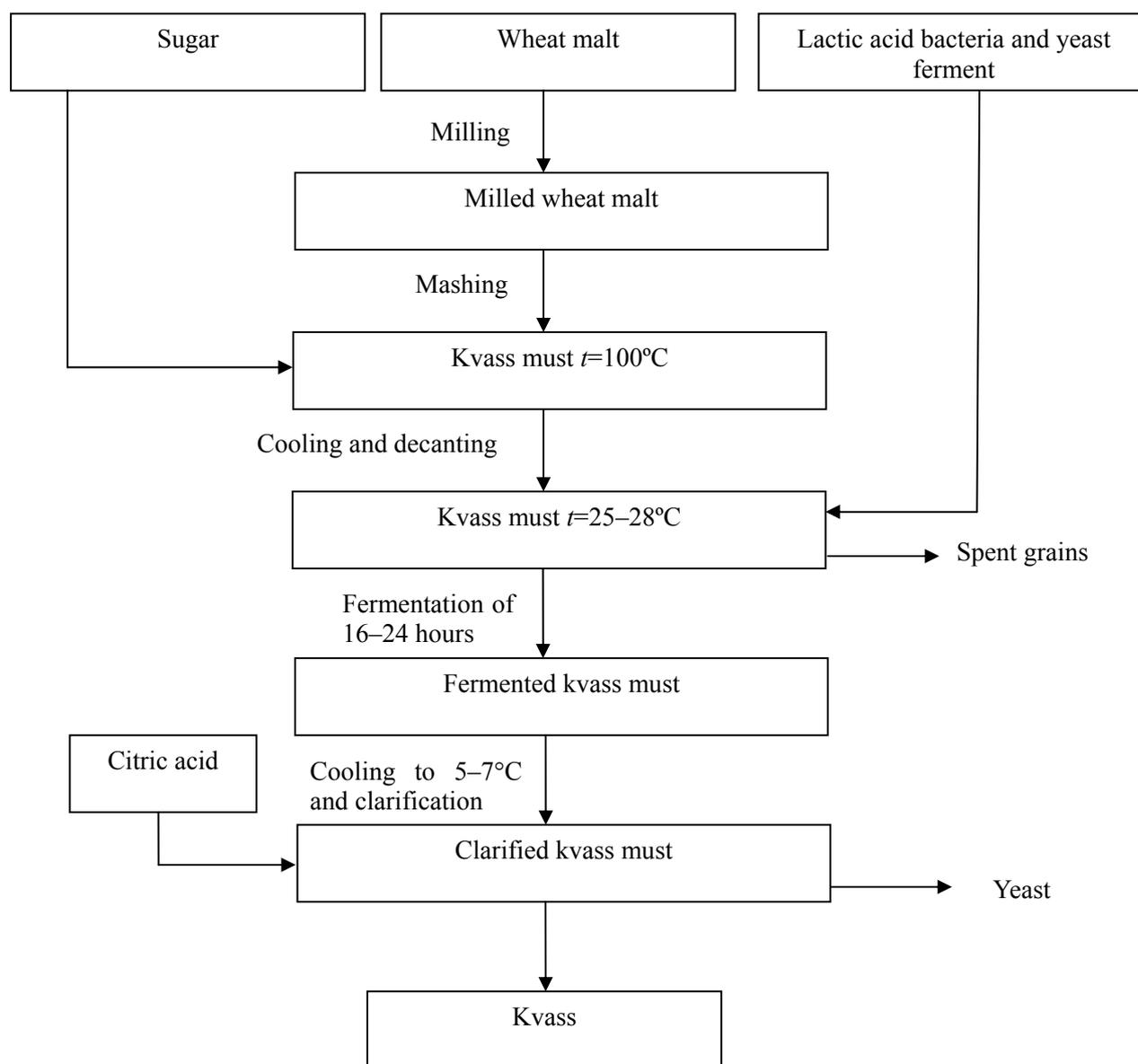


Figure. Technological scheme of wheat malt kvass

- to modify the technology developed, taking into account the selected microorganisms for kvass fermentation.

The new drink must satisfy regulations in force in the territory of the Russian Federation, namely GOST 31494-2012. According to this document, this drink should have the following physico-chemical parameters:

- mass fraction of dry matter must not be less than 3.5%;
- acidity is 1.5–7.0 (units of titratable acidity);
- volume fraction of alcohol is not more than 1.2%;
- mass fraction of CO₂ is at least 0.3% [2].

In this research, a series of experiments was made to determine the beverage formulation, to select microorganisms for fermentation, to choose fermentation time and way of its clarification. The following raw materials were used: wheat malt, sugar, non-hopped wheat extract, wheat flour, so on. For the selection of microorganisms for fermentation the following options were considered: baking pressed yeast, VIVO ferment, WB-06 yeast and lactic acid bacteria (*Lactobacillus fermenti*), ale yeast and lactic acid bacteria (*Lactobacillus fermenti*).

Obtained drinks clarify using special substances "Klar-Sol Super", "Kiselsul" and "Kitozan". Physico-chemical and organoleptic parameters were determined in the course of the experiment. Drink very well lightened and lasts longer with the use of substances-clarifiers "Klar-Sol Super" and "Kitozan", but loses the fullness of taste. Unclarified beverage stored at 5–10°C not more than 14 days.

The following Figure shows the technology of kvass made from wheat malt.

Results. As a result, the conclusion was reached:

1. taking into account the literature data, the raw material for the experiment is wheat pale malt with high extract content and low in protein;
2. due to the influence of different cultures for the fermentation of the drink, it was found that when using VIVO ferment, or a mixture of ale yeast and lactic acid bacteria (*Lactobacillus fermenti*), kvass taste is more balanced;
3. the technology of wheat kvass from 100% malt grist has been developed taking into consideration the various factors (raw materials standards, the fermentation time and the sensory evaluation of the resulting beverage);
4. the result of the experiment is the technology of non-hopped extract kvass made from wheat and barley malt;
5. beverages, produced by the above-mentioned technologies according to organoleptic and physico-chemical parameters, satisfy normative documents acting in the territory of the Russian Federation and have a unique taste as well;
6. this wheat kvass has a short shelf-life: not more than 14 days at a temperature 5–10°C.

Experiments for the investigation of the new drink continue. It becomes essential to arrive at the correct ingredient formulation to achieve a reproducible product with long shelf-life.

References

1. Ashurst P.R. ed. Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices. – 2nd ed. – Blackwell Publishing, 2005. – 396 p.
2. ГОСТ 31494-2012. Квасы. Общие технические условия. – Введен 01.07.2013. – М.: Стандратинформ, 2013. – 7 с.

УДК 53.089.68

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ
ИЗМЕРЕНИЙ РЕЗЬБОВЫХ КАЛИБРОВ**Э.Ф. Аскарова¹, А.А. Москалев², Е.А. Михеев³¹Университет ИТМО;²ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»;³ПАО «МегаФон»

В работе кратко изложены законодательные и прикладные проблемы метрологического обеспечения резьбовых соединений. Представлено описание государственного рабочего эталона 1 разряда единицы длины – метра, введенного в эксплуатацию во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» (ВНИИМ). Показаны возможности применения эталона в области измерений параметров резьбовых калибров. Описано разработанное авторами программное обеспечение для обработки результатов измерений основного параметра резьбовых калибров – среднего диаметра – с использованием эталона.

Ключевые слова: резьбовые соединения, резьбовые калибры, средний диаметр, программное обеспечение.

Введение. Метрологическое обеспечение резьбовых соединений – актуальная задача современной метрологии. Резьбовые соединения широко используются во многих отраслях промышленности на протяжении последних десятилетий. В зависимости от области применения к таким соединениям предъявляются различные требования по надежности и износостойкости. Интенсивный рост и развитие промышленности ведут к повышению требований к надежности резьбовых деталей. Поскольку эксплуатационные характеристики резьбового соединения во многом определяются точностью изготовления геометрических элементов резьбы, возникает задача повышения точности контроля таких элементов, а следовательно, необходимо вести речь о метрологическом обеспечении в данной области.

Актуальные вопросы метрологического обеспечения резьбовых соединений.

Для контроля резьбы на рабочих деталях применяют резьбовые калибры (рис. 1), по характеру свинчивания которых с рабочей резьбой определяют пригодность последней к применению. Резьбовые калибры, в свою очередь, подвергают поэлементному контролю с помощью различных средств измерений, более высоких по точности: координатно-измерительных машин, либо горизонтальных длиномеров.



Рис. 1. Резьбовые калибры-пробки и калибр-кольцо для контроля внутренней и наружной резьбы

В то же время в метрологическом обеспечении резьбовых соединений есть ряд существенных проблем законодательного и прикладного характера.

Это связано с тем, что в современной метрологии нет однозначного подхода к классификации резьбовых калибров, как средств измерений. А следовательно, нет поверочных схем, регламентирующих порядок передачи единицы длины от калибров к рабочим резьбам, нет единообразия во взгляде на пригодность тех или иных калибров

для контроля резьб разной точности, нет четких требований к перечню параметров резьбы и способу их выражения, необходимых для наиболее объективной оценки точности изготовления резьбового калибра. Ситуация усугубляется также ввиду того, что метрологические и технические требования к резьбовым калибрам отличаются в разных странах, и строгого соответствия между нормативными документами в этой области нет. Кроме того, существует ряд предприятий, выпускающих специфические резьбовые соединения с узкой областью применения, обладающие характеристиками, не подлежащими объективному контролю с помощью резьбовых калибров, изготовленных по действующим стандартам, следовательно, формальный статус таких калибров остается неопределенным.

Резьбовые калибры практически не вносятся в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации. Такая ситуация влечет за собой следующую проблему – отсутствие метрологического обеспечения специализированных приборов для измерений параметров резьбы.

Не менее серьезные проблемы связаны с прикладными задачами измерений параметров резьбы и резьбовых калибров.

В Российской Федерации функционирует более сотни региональных центров стандартизации и метрологии. Из них услуги по измерениям резьбовых калибров предлагают около трети. При этом большинство лабораторий работают с ограниченной номенклатурой типов калибров в узком диапазоне диаметров (как правило, не более 50 мм).

Наиболее важным параметром резьбы является средний диаметр [1, 2], для некоторых типов калибров его размер задается с погрешностью не выше ± 3 мкм. По среднему диаметру происходит сопряжение наружной и внутренней резьбы, однако, диаметр этот соответствует цилиндру, построенному теоретически и проходящему частично в теле калибра, что, очевидно, усложняет процесс измерения. Фактически все методы измерений среднего диаметра являются косвенными. Гораздо хуже ситуация обстоит с калибрами конической замковой резьбы: некоторые виды калибров изготавливаются так, что в основной плоскости (в которой задается средний диаметр) вообще отсутствует нарезанная резьба, т.е. величину диаметра здесь можно получить только расчетными методами и никак иначе [3].

Таким образом, наиболее ответственный параметр калибра является в то же время наиболее сложным для измерения. В связи с этим, когда говорится об измерении резьбовых калибров, речь идет в первую очередь именно об измерении среднего диаметра.

Работа ВНИИМ в области метрологического обеспечения резьбовых калибров. Работы по созданию системы метрологического обеспечения резьбовых калибров и соединений ведутся во ВНИИМ с 2001 года. За это время были разработаны несколько нормативных документов в данной области: методики поверки, поверочная схема для калибров замковой резьбы, и др.

В 2014 г. во ВНИИМ введен в эксплуатацию государственный рабочий эталон 1-го разряда для средств измерений длины в диапазоне (10^{-6} –1100) мм. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений согласно разряду по государственной поверочной схеме для средств измерений длины соответствуют $\pm(0,05+0,5L)$ мкм, где L – измеряемая величина в метрах. Эталон разработан на базе горизонтального длиномера LabConcept NANO фирмы Trimos (Швейцария). Основная область применения эталона – высокоточные измерения эталонных плоскопараллельных концевых мер длины и эталонных измерительных колец. За счет использования специальных аксессуаров область применения эталона была распространена на калибры цилиндрической резьбы.

При создании эталона был осуществлен комплекс мер, направленный на снижение неопределенности измерений с использованием эталона, в частности размещение

эталоны в отдельном термостатированном помещении с круглосуточным поддержанием температуры в диапазоне $(20,0 \pm 0,2)^\circ\text{C}$, а также использование в составе эталона специально спроектированного виброзащитного стола с пневматической системой с обратной связью, автоматически регулирующей горизонтальное положение длиномера и компенсирующей изменение центра тяжести при перемещении подвижных кареток и измеряемого объекта. Кроме того, в конструкции длиномера реализован ряд технических решений, направленных на минимизацию влияющих факторов, характерных для контактных геометрических измерений. Среди таких решений: система температурной компенсации, в реальном времени вносящая поправки в результат измерений, автоматическое перемещение измерительной каретки длиномера, автоматическая установка положения измерительного стола длиномера, система автоматического задания и приложения измерительного усилия.

Измерение среднего диаметра резьбовых калибров на эталоне ВНИИМ. На эталоне ВНИИМ средний диаметр резьбового калибра измеряется по методу трех проволочек. Теоретическая основа метода состоит в следующем: во впадины резьбы, соответствующие одному витку, с противоположных сторон закладываются гладкие цилиндрические проволочки (рис. 2). Их диаметр (d_n) рассчитывается из условия касания образующих проволочек с профилем резьбы в точках, принадлежащих среднему диаметру. Далее производят контактные измерения общего размера калибра с установленными проволочками (M), из которого величина среднего диаметра d_2 находится математически [3].

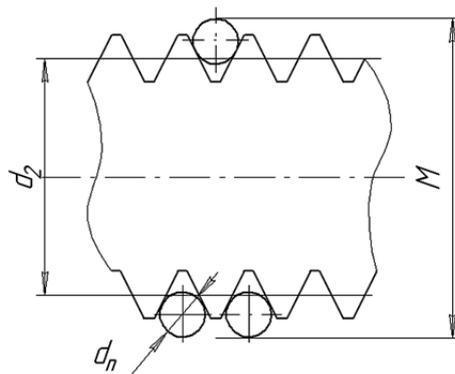


Рис. 2. Схема измерения среднего диаметра калибра-пробки

Аналогично измеряется и средний диаметр внутренней резьбы калибров-колец, но в этом случае цилиндрические проволочки заменяются на сферические наконечники специального Т-образного щупа длиномера.

Программное обеспечение. В целях повышения автоматизации процесса измерений среднего диаметра резьбовых калибров на эталоне авторами работы было разработано специализированное программное обеспечение (ПО) «Thread Gages Calculation Software» (TGCS), предназначенное для вычисления величины среднего диаметра по результатам косвенных измерений, полученных с помощью эталона.

Область применения ПО распространяется на цилиндрические калибры-пробки и калибры-кольца метрической, трапецеидальной и трубной резьбы.

Среди технических особенностей TGCS можно выделить следующие.

Во-первых, программа полностью автономна и не требует дополнительной установки на персональный компьютер каких-либо библиотек. Программа также не привязана к вычислительным приложениям или инструментам, встроенным, например, в разнообразные офисные пакеты.

TGCS совместима с 64-разрядной операционной системой Windows 7, так как в такой системе работает основное ПО «WinDHI», под управлением которого находятся основные функции горизонтального длиномера из состава эталона.

Поскольку поставляемый с длиномером персональный компьютер имеет европейскую локализацию, интерфейс программы TGCS был полностью реализован на английском языке, чтобы избежать возможных проблем с отображением кириллических сообщений. Кроме того, наличие англоязычного интерфейса повышает экспортный потенциал ПО.

Математическая часть TGCS предусматривает расчеты с использованием параметров цилиндрических проволок и Т-образных щупов из набора аксессуаров, поставляемых Trimos. Исходя из этого, в ПО заложен перечень номинальных диаметров проволок, фактически входящих в состав эталона, а не просто расчетные значения из соответствующей нормативной документации.

Одна из наиболее важных особенностей TGCS – полная совместимость с оригинальным комплексом ПО «WinDHI». Величина M (рис. 2), полученная с помощью горизонтального длиномера, передается в диалоговое окно TGCS автоматически и далее преобразуется в искомое значение среднего диаметра резьбового калибра. Таким образом, использование TGCS полностью исключает человеческий фактор из процесса обработки результатов измерений и снижает трудоемкость при увеличении степени автоматизации измерений. Кроме того, применение TGCS, очевидно, минимизирует время, затрачиваемое на оценку результата измерений, что позволяет, при необходимости, производить серии измерений среднего диаметра не изменяя измерительную установку. Это, в частности, снижает неопределенность измерений, связанную с динамическими характеристиками эталона.

Заключение. Исследования государственного рабочего эталона 1 разряда единицы длины – метра с использованием резьбовых калибров показывают, что применение специализированного ПО TGCS в совокупности с описанными выше техническими решениями позволило обеспечить расширенную неопределенность измерений среднего диаметра резьбы на эталоне порядка 0,7 мкм. Таким образом, метрологические характеристики в области измерений резьбовых калибров, полученные на эталоне ВНИИМ, не уступают лучшим аналогичным данным, заявленным ведущими зарубежными национальными метрологическими институтами [4, 5].

В ходе дальнейшего совершенствования эталона планируется расширить возможности TGCS с помощью внедрения инструментов статистической обработки результатов измерений. Кроме того, в настоящее время во ВНИИМ разрабатывается метод измерений среднего диаметра конических резьбовых калибров с использованием горизонтального длиномера. Математическое обеспечение метода также будет отражено в более поздних версиях TGCS.

Литература

1. Москалев А.А. Особенности поверки калибров замковой резьбы // III Международный конкурс «Лучший молодой метролог КОOMET-2009». – 2009. – С. 123–128.
2. Захаренко Ю.Г., Кононова Н.А., Москалев А.А. Метрологическое обеспечение измерений. Резьбовые соединения // Контроль качества продукции. – 2015. – № 10. – С. 41–45.
3. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. – СПб.: Питер, 2013. – 496 с.
4. Захаренко Ю.Г., Кононова Н.А., Москалев А.А., Фомкина З.В. Возможности «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в области высокоточных измерений резьбовых соединений // Пятая всероссийская научно-техническая конференция. Измерения и испытания в судостроении и смежных отраслях. Судометрика-2014. Тезисы докладов. Метрологическая ассоциация промышленников и предпринимателей. – 2014. – С. 148–152.

5. Mosckalev A. High-accurate measurements of thread gages using the Labconcept NANO horizontal instrument // 24th National scientific symposium with international participation Metrology and metrology assurance. – 2014. – P. 480–485.

УДК 004.942

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ СТЮАРТА ДЛЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА СТАНКА

М.Я. Афанасьев¹, А.И. Трифанов¹, Ю.В. Федосов¹

¹Университет ИТМО

Работа посвящена вопросам проектирования системы, обеспечивающей коррекцию исполнительного механизма станка. Рассматриваются проблемы оптимизации и упрощения шестикоординатной платформы Стюарта. Предлагается версия механизма с пространственной кинематикой, обеспечивающего три степени свободы: наклоны в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и линейное перемещение по одной из осей. Данная версия платформы может быть использована для фокусировки лазерного луча и компенсации вибрации в оборудовании, осуществляющем лазерную обработку поверхностей сложной формы.

Ключевые слова: оборудование с ЧПУ, платформа Стюарта, механизмы с пространственной кинематикой, обработка лазерным излучением.

В современном промышленном производстве особую остроту приобретает проблема создания оборудования, позволяющего решать широкий круг технологических задач с максимально достижимой точностью и повторяемостью. В последнее время все большую популярность приобретают многокоординатные системы со сложной пространственной кинематикой. Среди подобных механизмов особо стоит выделить параллельные манипуляторы, одной из разновидностей которых является платформа Гью–Стюарта.

Рассмотрим классический вариант подобной системы, в которой используется октаэдральная компоновка стоек (рисунок, а). Платформа Гью–Стюарта имеет шесть степеней свободы. Такая платформа состоит из неподвижного основания, на котором закреплены шесть тяг с изменяемой длиной. Тяги закреплены в шаровых опорах попарно, максимально близко друг к другу, так, что места их крепления образуют вершины равностороннего треугольника [1].

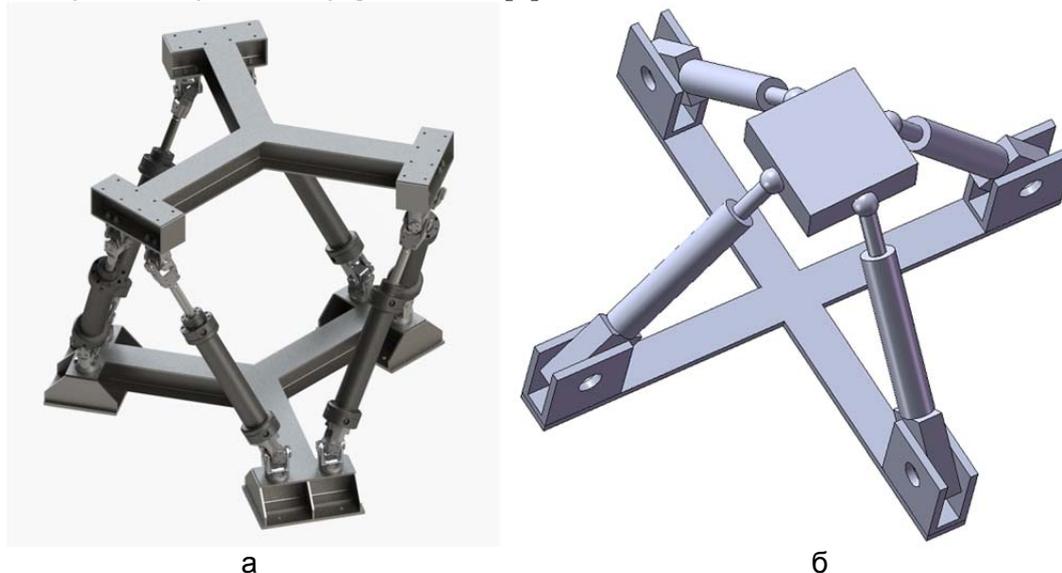


Рисунок. Платформа Гью–Стюарта (а); модифицированная версия платформы с тремя степенями свободы (б)

Каждая из тяг своей подвижной частью закреплена на подвижной платформе в шаровой опоре. При этом тяги попарно разведены от мест первого крепления, попарно сведены и присоединены ко второй платформе так, чтобы места их крепления на второй платформе образовывали равносторонний треугольник. Эти крепления также осуществлены в шаровых опорах. Таким образом, любые две тяги образуют между собой треугольник, вершина которого обращена либо вниз, либо вверх. За счет изменения длин тяг изменяется положение верхней платформы. Система имеет шесть степеней свободы.

На сегодняшний день существует большое количество технологического оборудования, имеющего в своей основе различные виды и модификации описанной платформы. В первую очередь к ним относятся всевозможные промышленные роботы-манипуляторы, используемые в сборочном производстве, а также многокоординатные металлообрабатывающие станки.

Авторами предложено применение модифицированной платформы Гью–Стюарта для создания интеллектуальной головки, используемой для обработки лазерным излучением поверхностей сложной формы. Предполагалось, что рассматриваемая головка будет установлена на классической двухкоординатной платформе порталного типа.

Вследствие вибраций приводов перемещения лазерный луч может отклоняться от заданной траектории обработки. Также вследствие различных значений толщины материала при заданной ширине обработки необходимо осуществлять фокусировку луча. Очевидно, что для решения задач фокусировки и отклонения лазерного луча, шестикоординатная платформа будет избыточной. Предложена версия платформы с тремя степенями свободы (рисунок, б).

Данная платформа предполагает наличие только четырех тяг, причем только верхнее крепление будет использовать шаровые опоры. Тяги расположены таким образом, что места их крепления образуют вершины квадрата. Подобная компоновка позволяет получить три необходимые степени свободы: наклоны в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и линейное перемещение по одной из осей, чего вполне достаточно для компенсации вибрации и фокусировки системы.

Описываемая конструкция значительно проще платформы Гью–Стюарта и имеет ряд преимуществ:

- модифицированная платформа имеет в своем составе только четыре тяги вместо шести и только четыре шаровых опоры вместо двенадцати, что делает ее при сопоставимой жесткости гораздо более технологичной и простой для производства;
- упрощение конструкции позволяет упростить решение обратной кинематической задачи, что дает возможность реализовать алгоритм управления платформой с применением недорогих вычислительных средств.

Для повышения эффективности решения задачи был произведен расчет геометрических характеристик модифицированной оптической платформы Стюарта [2]. Для заданных диапазонов углов и координат позиционирования найдены требования к параметрам штанг платформы и величин изменения их длин. Для решения задачи автоматической компенсации вибрации и юстирования положения пятна лазерного луча при его смещении выбраны оптимальные траектории изменения положения платформы в пространстве. Построена математическая и натурная модели платформы, которые используются для подбора оптимальных параметров ее подвижных соединений и сопряжений с позиционирующими элементами.

Результаты экспериментов с натурной моделью платформы показывают состоятельность разработанной математической модели. Подобная конструкция после определенной доработки алгоритма управления может быть применена для создания интеллектуальной головки, используемой в оборудовании для обработки лазерным излучением поверхностей сложной формы [3].

Литература

1. Stewart D. A platform with six degrees of freedom // Proc. Inst. Mech. Eng. – 1965–1966. – V. 180. – Pt. 1. – № 15. – P. 371–386.
2. Lee J.M. Manifolds and differential geometry. – Graduate Studies in Mathematics, 2009. – V. 107. – 674 p.
3. Федосов Ю.В., Афанасьев М.Я. Патент на полезную модель «Устройство для обработки лазерным излучением поверхности произвольной формы» – 2016.

УДК 535.317.9

СПОСОБЫ СТАБИЛИЗАЦИИ СВЕТОВОГО ПЯТНА В СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

М.Я. Афанасьев¹, Г.Э. Романова¹, Ю.В. Федосов¹

¹Университет ИТМО

В работе описан подход к проектированию системы стабилизации светового пятна в станках с числовым программным управлением. Приведен обзор существующих решений оптической стабилизации и автоматической фокусировки. Предложена конструкция, обеспечивающая одновременно стабилизацию пятна контакта лазерного излучения, совмещенная с системой фокусировки.

Ключевые слова: оборудование с ЧПУ, оптическая стабилизация, платформа Стюарта, пьезопривод.

Системы фокусировки и стабилизации изображения являются неотъемлемой частью любого современного оптического оборудования. Чаще всего подобные системы используются для создания объективов фотоаппаратов и видеокамер. Ведущие производители фото- и видеотехники разрабатывают все новые системы аппаратной стабилизации, использующие различные виды датчиков положения и исполнительных механизмов.

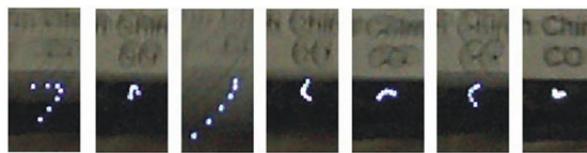
Тем не менее, проблема стабилизации и фокусировки актуальна и для разработчиков технологического оборудования, имеющего в своем составе лазерные источники излучения. Как правило, работа с лазерным излучением в технологических установках отличается от работы в лабораторных условиях. Самое главное отличие заключается в том, что производство является источником постоянных вибраций. В состав любого технологического оборудования входят электродвигатели, механические передачи, приводные валы, насосы, вентиляторы, ремни, шкивы и т.д. Также нельзя не учитывать тот факт, что оборудование не может быть установлено в отдельное, полностью изолированное от внешних вибраций помещение.

Существующие оптические системы стабилизации, применяемые для создания фототехники, не могут быть использованы для компенсации указанных вибраций по следующим причинам:

- большинство систем стабилизации рассчитаны только для одной конкретной задачи – стабилизации оптической системы при фото- или видеосъемке «с рук». Данные системы рассчитаны на строго определенные антрометрические частоты колебаний и предполагают только наклоны по двум осям; так проводимые компаниями-разработчиками исследования показали, что камера в руках человека подобна объекту, закрепленному на шаровой опоре с соответствующими ограничениями по степеням свободы;
- все представленные на рынке решения допускают наличие определенных погрешностей стабилизации – мерцание, размывание изображения и т.д. (рисунок). Данные погрешности допустимы при фото- и видеосъемке, так как могут быть

- дополнительно скомпенсированы программными средствами камеры, но совершенно недопустимы при создании прецизионного лазерного оборудования;
- разработки подобных систем в большинстве своем являются коммерческими. Производители раскрывают лишь некоторые особенности своих конструкций и алгоритмов управления, представленные в патентах [1, 2], при этом практически не существует готовых решений, которые могли быть просто куплены и установлены в имеющуюся оптическую систему рассматриваемого технологического оборудования;
 - имеющиеся системы, как правило, рассчитаны только на одну задачу: либо на компенсацию вибраций (дрожание рук оператора), либо на фокусировку. Причем следует отметить, что задача фокусировки в фото- и видеотехнике существенно отличается от аналогичной в технологическом оборудовании. Если при фокусировке видеорегирующей аппаратуры просто задается примерное расстояние от фокальной плоскости до объекта съемки, то при лазерной обработке требуется не только очень точно сфокусировать лазерный пучок на поверхности обрабатываемого изделия, но и, возможно, наклонить оптическую ось так, чтобы лазерный луч шел по нормали к ней. Последнее особенно важно при точечной обработке сложных поверхностей, так как без наклона оптической оси будет искажена форма пятна контакта, оно естественным образом станет больше, что для многих вариантов использования подобного оборудования недопустимо.

Без стабилизации



Со стабилизацией



Рисунок. Пример работы оптической системы стабилизации изображения

Из всего вышесказанного следует, что для создания современного конкурентоспособного технологического оборудования, имеющего в своем составе оптические компоненты, в частности источники лазерного излучения, необходимо разработать систему, обеспечивающую компенсацию вибраций оптических компонентов оборудования, совмещенную с системой фокусировки.

Авторами предложена система, состоящая из компенсирующей призмы, расположенной в подвесе, являющимся модифицированной платформой Гью–Стюарта [3], которая приводится в движение четырьмя тягами. Наличие четырех тяг уменьшает число степеней свободы платформы до трех: вращение вдоль двух осей и линейное перемещение вдоль третьей оси.

Подобное расположение оптической системы позволяет скомпенсировать ее случайные отклонения от перпендикуляра к плоскости платформы за счет поворота в двух плоскостях. Также возможно изменение фокусировки системы за счет перемещения платформы вдоль главной оптической оси. Отслеживание колебаний системы предполагается осуществлять при помощи гироскопов и акселерометров. В качестве линейных приводов тяг будут использованы быстродействующие пьезопроводы.

Компенсация положения будет осуществляться системой с обратной связью, получающей данные от нескольких гиродатчиков и акселерометров, в дополнение к

которым предполагается использовать высокоскоростную камеру, отслеживающую текущую форму пятна контакта. Совместное использование твердотельных датчиков и системы машинного зрения позволит за счет программной фильтрации избавиться от неизбежных шумов твердотельных датчиков и повысить точность позиционирования исполнительного механизма оптической системы.

Предложенная конструкция может быть интегрирована в производственную установку, поскольку, в отличие от рассмотренных ранее систем стабилизации, она имеет большую жесткость, обусловленную строгим определением пространственного положения оптической системы, поскольку свободные зазоры в механических приводах будут отсутствовать.

Литература

1. David Sachs, Steven Nasiri, Daniel Goehl. Image Stabilization Technology Overview. InvenSense, Inc. 3150A Coronado Drive, Santa Clara, CA 95054. – 18 p.
2. Патент WO 2013/076350 A1, опублик. 30.05.2013.
3. Stewart D. A platform with six degrees of freedom // Proc. Inst. Mech. Eng. – 1965–1966. – V. 180. – Pt. 1. – № 15. – P. 371–386.

УДК 535.8

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

М.Я. Афанасьев¹, Ю.В. Федосов¹

¹Университет ИТМО

В работе описаны подходы к проектированию исполнительных механизмов интеллектуального оборудования с числовым программным управлением. Предлагается модульная архитектура, имеющая в своей основе модель многоагентного взаимодействия. Рассмотрен пример создания оптической самокалибрующейся головки, используемой в установках для селективной обработки изделий сложной формы лазерным излучением ультрафиолетового спектра.

Ключевые слова: оборудование с ЧПУ, обработка лазерным излучением, многоагентные системы, оптическое распознавание образов.

В последние годы прослеживается тенденция усложнения систем управления технологическим оборудованием. Как следствие, усложняются процедуры наладки подобного оборудования и ввода его в эксплуатацию. Монолитная архитектура систем управления, совмещенная со сложной механикой и электроникой, делают подобные технологические системы недостаточно надежными и удобными в работе. Ключ к решению вышеуказанной проблемы – переход к модульной архитектуре, где каждый блок является независимым интеллектуальным агентом, находящимся в децентрализованной среде.

При этом агент имеет некоторый внутренний алгоритм поведения, а также сенсоры и актуаторы для взаимодействия со средой. Коммуникация с другими агентами осуществляется по единому протоколу, позволяющему агентам обмениваться данными и получать задания от других агентов.

Декомпозиция архитектуры оборудования на автономные независимые блоки – достаточно нетривиальная задача. Тем не менее, ее решение позволяет получить ряд преимуществ:

1. сборка и отладка каждого независимого модуля-агента осуществляется отдельно от остальных, что дает возможность более тщательно проводить все необходимые процедуры тестирования и устранения программных и аппаратных ошибок;
2. наличие сенсоров позволяет каждому блоку-агенту проводить самотестирование и

- самокалибровку в процессе его интеграции с другими блоками;
3. унификация программной и аппаратной базы, а также протокола взаимодействия блоков-агентов позволяет добиться высокой степени взаимозаменяемости, что позволяет при необходимости наращивать функционал оборудования или производить частичную модернизацию;
 4. наличие замкнутого контура управления и обратных связей позволяет блоку-агенту в режиме реального времени подстраиваться под изменение окружающей среды и своевременно изменять параметры своей работы.

Рассмотрим пример создания интеллектуального блока, осуществляющего лазерную обработку материалов. Подобные блоки находят широкое применение в промышленном производстве. Существует целый класс подобного оборудования, включающий в себя различные установки для лазерной гравировки, полировки, маркировки, резки, сверления, сварки, селективного отверждения фотополимеров, установки быстрого прототипирования и т.д. Общим для всех перечисленных видов установок является наличие некоторой обрабатывающей лазерной головки, размещенной на платформе, осуществляющей ее перемещение в пространстве.

Очевидно, что недостатком почти всех подобных систем является практически полное отсутствие обратной связи и необходимость сложной наладки и постоянного ручного калибрования. Например, лазерные гравировщики и резчики требуют постоянной подстройки фокусного расстояния, особенно при обработке изделий сложной формы. Также практически отсутствуют системы, способные отслеживать результат обработки. Как правило, отслеживание результата работы осуществляется лишь косвенно через отслеживание перемещения самого исполнительного механизма. Тем не менее, в настоящее время существуют технические решения, позволяющие отслеживать не только перемещение самого пятна лазера, но и его отклонение от заданного пути. Рассмотрим некоторые из них.

Одной из существующих систем является система коррекции траектории перемещения оптической головки аппарата лазерной сварки [1]. Она состоит из камеры, источника подсветки (проектора линии) и обрабатывающей изображение ЭВМ. Данная система дает возможность отслеживать положение сварного шва относительно свариваемых элементов. При этом корректируется только траектория движения источника излучения (рис. 1, а).

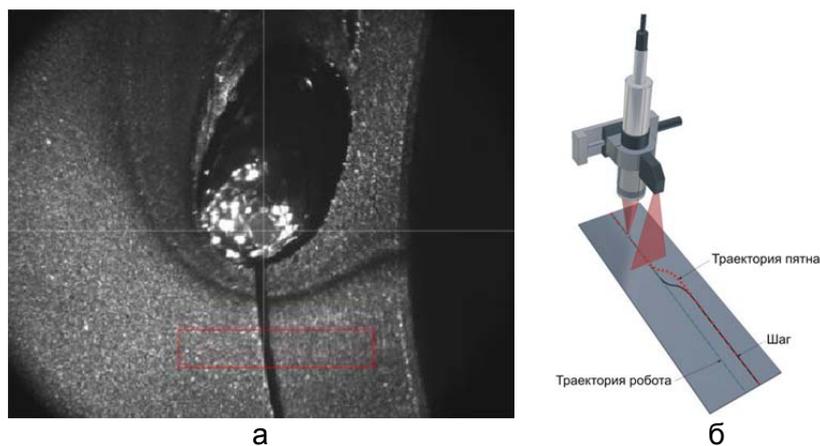


Рис. 1. Пример работы системы корректировки траектории исполнительного устройства аппарата лазерной сварки (а); система контроля траектории лазерного луча робота-сварщика (б)

Аналогичная система предложена для робота-сварщика, использующего лазерный луч [2]. Как и предыдущая, она содержит источник подсветки и камеру. Также она дополнена зеркалом и сканером, выполняющим контроль изображения (рис. 1, б). Изображение со сканера обрабатывается ЭВМ. В данном случае также осуществляется

только корректировка траектории движения луча.

Следует отметить, что рассмотренные системы предназначены для решения только одной задачи (отслеживания пятна), а их калибровка проводится совместно с остальным оборудованием, что усложняет общую конструкцию и увеличивает время наладки аппаратуры.

Предлагаемая конструкция лазерной головки (рис. 2) имеет две камеры, первая из которых отслеживает форму пятна, а вторая – реперную точку, нанесенную на обрабатываемую заготовку.

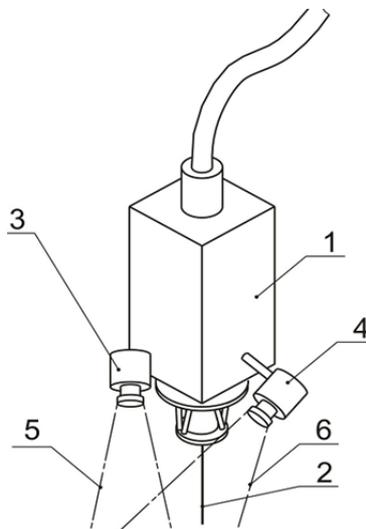


Рис. 2. Схема интеллектуальной лазерной головки: 1 – корпус; 2 – лазерный луч; 3 – вспомогательная камера; 4 – основная камера; 5 – поле зрения вспомогательной камеры; 6 – поле зрения основной камеры

За счет установки первой камеры под углом к рабочей плоскости становится возможным судить об отклонении формы обрабатываемой поверхности от заданной. Возможность изменения мощности излучения позволяет использовать один и тот же источник и для подсветки реперной точки, и для непосредственно обработки.

Полученные данные могут быть скорректированы на основе дополнительных сенсоров, в частности, предполагается использовать твердотельные гиродатчики и датчики ускорения. Дополнительно появляется возможность определять и компенсировать вибрацию.

Система фокусировки должна быть установлена на подвесе, приводимом в движение при помощи линейных приводов, шаговых двигателей с шариковинтовыми парами либо пьезоприводов. Для компенсации возможного отклонения луча и вибраций системы в составе системы фокусировки может быть использована компенсирующая линза либо призма.

Отличительной особенностью рассмотренной системы является возможность ее отладки отдельно от остального оборудования. При этом нет необходимости точного выставления нуля для компенсирующей системы – за счет встроенных вычислительных средств и датчиков пятно заданного диаметра может быть выставлено после установки системы на конечное оборудование в ходе ее самокалибрования.

Отметим, что подобный подход позволяет достаточно просто заменять одну лазерную головку на другую. В этом случае сокращается время наладки и ремонта оборудования, поскольку отсутствует вмешательство в стационарную оптическую систему.

Также такой подход позволяет упростить общую конструкцию технологической установки, поскольку к лазерной головке подводится только питание (взаимодействие с другими блоками-агентами осуществляется по радиоканалу) и отсутствуют оптические связи с остальными компонентами.

Литература

1. Cieszyński W., Zięba M., Reiner J. Real time trajectory correction system of optical head in laser welding // Acta mechanica et automatic. – 2015. – V. 9. – № 4. – P. 265–269.
2. Regaard B., Kaierle S., Heinemann S., Patwa R., Steinbrecher J.P. Welding head for 'self guided' laser welding [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cla.fraunhofer.org/content/dam/ccl-laser/en/documents/papers_micromachining/Welding%20head%20for%20'self%20guide d'%20laser%20welding.pdf, своб.

УДК 5208

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЦА НА РАТАН-600

А.Б. Байрамкулов¹

Научный руководитель – д.ф.-м.н., ст.н.с., профессор М.В. Богод¹

¹Университет ИТМО

Работа посвящена исследованию статистической обработки данных наблюдений Солнца на РАТАН-600. Данные представляют собой динамически изменяющиеся параметры, которые имеют свойство изменяться и увеличиваются в объеме с течением времени. Для обработки данных используется статистическая обработка, которая выявляет ошибки и препятствует возникновению новых. Исследуется статистическая обработка данных, помогающая эффективно использовать ресурсы при больших входных данных.

Ключевые слова: обработка, базы данных, статистическая обработка, РАТАН-600.

В настоящее время эффективное использование наблюдательных данных инструмента невозможно без представления данных в сети Интернет на современном уровне. Это связано, в частности, с тем, что количество ежедневно получаемых данных наблюдений Солнца выросло до объемов, которые невозможно обработать и представить без автоматизированной компьютерной обработки. Экспоненциальный рост объема информации в астрономии (как и в других областях знаний) базируется на впечатляющем росте объема носителей информации: емкость памяти/жестких дисков удваивается каждые 18 месяцев.

Данные наблюдений Солнца на РАТАН-600 входят в общий архив наблюдательных данных Специальной астрофизической обсерватории РАН (САО), который развивается согласно стандартам Международного альянса IVOA (International Virtual Observatory Alliance). Но проблема представления данных – это не только обеспечение легкого и универсального доступа к данным, в рамках всемирной или солнечной виртуальной обсерватории. Солнечные данные РАТАН-600 имеют много особенностей, и для их понимания и эффективного использования необходимо применение специфического программного обеспечения и методов представления. Вследствие уникальной конструкции телескопа получаемые на нем данные отличаются от большинства изображений, получаемых солнечными телескопами – данные РАТАН-600 – это одномерные, многоволновые изображения, в то время как большинство мировых данных представляют двумерные одноволновые изображения. Также и первичная обработка данных не может быть обеспечена унифицированными (для всех мировых изображений Солнца) методами, так как учет методических и инструментальных особенностей данного радиотелескопа не только отличается от других, но отличается сложностью. Исходя из этого, выбор технологий и методов, используемых для информатизации наблюдений Солнца на РАТАН-600, также несколько отличается от методов представления цифрового архива наблюдательных

данных CAO РАН (где не используются IDL/ION). Это обусловлено спецификой объекта наблюдения по отношению к большинству мировых веб-ресурсов по солнечным изображениям (где широко используется IDL и пр., но пока больше внимания уделяется объединению всех данных в единую виртуальную обсерваторию, нежели созданию удобных веб-приложений для их онлайн-обработки и анализа, и разнообразного графического/табличного представления) [1].

Радиотелескоп РАТАН-600, оснащенный современным комплексом приемной аппаратуры для наблюдений Солнца, является уникальным инструментом для диагностики параметров солнечной плазмы, сочетая в себе при умеренном пространственном (по сравнению с другими крупнейшими радиотелескопами) разрешении высокую чувствительность, высокое спектральное разрешение в широком микроволновом диапазоне и высокую точность измерения поляризации.

Регулярные многоазимутальные наблюдения, проводимые на Южном секторе РАТАН-600 с перископическим отражателем, начиная с 2000 г., показали, что спектры поляризованного излучения активных областей (АО), производящих мощные вспышки, являются немонотонными, в отличие от спектров неспыхивающих АО. Из расчетных оценок следует, что к таким немонотонностям могут приводить неоднородности параметров плазмы, определяющих плотность поляризованного потока в высотной структуре АО, например: неравномерность по высоте величины магнитного поля, температурная инверсия, электрические токи в короне и др. Особенности в спектрах наблюдаются на масштабах времени за несколько часов/дней до вспышки, поэтому ежедневные спектрально-поляризационные радионаблюдения могут быть использованы для предсказания вспышек.

Для исследования предвспышечных явлений и решения других задач физики Солнца, радиометрический комплекс непрерывно развивается – увеличивается спектральное разрешение и расширяется диапазон длин волн. Установленный в настоящее время радиометрический спектральный комплекс обеспечивает регистрацию одновременно на 112 частотных каналах (в диапазоне 0,756–18,2 ГГц). При этом одновременно на всех каналах регистрируются правая (R) и левая (L) круговая поляризация, что удваивает число каналов регистрации. Количество наблюдений Солнца в азимутах достигает 61 в день (в течение 4 ч вблизи местного полудня). Таким образом, максимальное количество сканов (одномерных изображений на одной длине волны) в день составляет 13664. Для оперативной обработки быстро увеличивающегося количества информации необходимо применение автоматизированных информационных технологий.

Для повышения эффективности комбинаций параметров РАТАН-600, в рамках подготовки его к исследованиям активности в максимуме 24 цикла, ведется работа по улучшению спектрально-поляризационного комплекса, ставятся задачи по расширению частотного диапазона в короткую (миллиметровый диапазон) и в длинноволновую (метровый диапазон) часть спектра [2].

Цель работы – показать возможности инструмента, реализованные в задачах предыдущего максимума активности и наметить приложения новых его инструментальных возможностей для задач текущего максимума. Обзор, приведенный в работе, не может претендовать на полноту и отражает личную точку зрения автора.

Основным программным средством для решения задач информационной системы (ИС) «Прогноз» является IDL (Interactive Data Language) – интерактивный язык для анализа и визуализации данных, который наиболее популярен в мире для обработки солнечных данных. Наряду со встроенными библиотеками для статистического и прогностического анализа данных, для IDL разработано большое количество процедур и функций, решающих общие и специфичные для отдельных инструментов задачи обработки изображений Солнца – SolarSoftWare (SSW). Также авторами использованы

алгоритмы, процедуры и функции, разработанные для солнечной радиоастрономии, и обработки одномерных изображений Солнца.

Представленные на сервере веб-приложения для анализа и визуализации данных разработаны на ION (IDL On the Net) Script – языке для создания основанных на интернет-технологии IDL-приложений. ION Script обеспечивает возможность интерактивной работы в многопользовательском режиме on-line посредством браузера, с поддержкой двухмерной и трехмерной визуализации данных. Пример разработанного на ION приложения для вейвлет-анализа данных (предопределенных или пользовательских) приведен на странице разработчика. Для on-line вейвлет-анализа данных используется IDL4, но веб-приложения разработаны на PHP5.

Эффективная научная визуализация данных является важной задачей и имеет целью представить большие объемы данных в такой форме, чтобы человек мог увидеть, отыскать новые знания в данных, сгенерировать гипотезу.

Данные наблюдений Солнца на РАТАН-600 могут быть представлены в виде зависимостей регистрируемых параметров R и L либо их производных – параметров Стокса $I=R+L$ (интенсивность) и $V=R-L$ (круговая поляризация), степени поляризации $p=V/I$, а также пар $R&L$, $I&V$, $I&p$ от времени (t), частоты (f) и координаты (x).

Для того чтобы подчеркнуть морфологическую, спектральную или временную структуру области излучения, двумерные массивы данных (многоволновые сканы, многоволновые временные ряды, динамические спектры) можно визуализировать различными способами: в виде наложения кривых в одной шкале, наложения с разнесением по вертикали, двумерных цветных и контурных карт, трехмерных изображений (поверхностей), а также комбинацией нескольких способов. Зависимости от трех параметров визуализируются при помощи анимации.

Данные, поступающие на сервер, автоматически подвергаются первичной обработке, включающей в себя как процедуры стандартные для обработки солнечных данных, так и специфические для данных РАТАН-600:

- отфильтровка дефектных (непригодных для дальнейшего анализа) сканов;
- удаление артефактов на записи (например, записи генератора шума);
- вычитание уровня неба;
- совмещение $R&L$;
- преобразование $R&L$ в параметры Стокса $I&V$;
- коррекция положения центра Солнца;
- коррекция радиуса Солнца;
- калибровка и др.

Поиск дефектных (вследствие неисправностей в приемной аппаратуре или антенне: зашумленные, отключенные частотные каналы, неправильно выставленная антенна или облучатель, сбой в системе регистрации, и пр.) сканов осуществляется для оперативного контроля качества данных с помощью эмпирически определенных критериев. По результатам поиска отсылается электронное сообщение по списку рассылки с изображением неисправных записей и пояснительным текстом. Архив писем хранится в почтовом ящике, доступ к которому есть у всех участников наблюдательного процесса. В случае если запланированное наблюдение не состоялось, отсылается сообщение на мобильный телефон ответственного наблюдателя. Обработанные данные образуют архив второго уровня.

Для изучения мелкомасштабной структуры спокойного Солнца необходимо вычлест крупномасштабную постоянную составляющую, так называемый «уровень спокойного Солнца». Для этой цели разработано несколько различных алгоритмов, основанных как на применении различных алгоритмов сглаживания, так и моделировании свертки двумерной модели Солнца с диаграммой направленности антенны (ДНА) РАТАН-600.

Как показывают исследования, максимумы в периодической структуре микроволнового излучения спокойного Солнца могут быть отождествлены с различными образованиями в ультрафиолетовом, рентгеновском и других диапазонах.

Информационно-вычислительные средства ИС могут быть использованы для поиска объектов, для визуального анализа, первоначальной оценки параметров радиоизлучения, отождествления, спектрального и статистического анализа данных РАТАН-600 и т.д. ИС также используется для удаленного слежения за выполнением программы наблюдений, контроля их качества, принятия решений об изменении режима наблюдения (изменения количества азимутов, уменьшения времени накопления) и др.

Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.sao.ru/Dock8/Science/reportMES/02.518.11.7167_Otchet_NIR, своб.
2. Богод М.В. Радиотелескоп Ратан-600 в 24 цикле солнечной активности // Новые возможности и задачи. Астрофизический бюллетень. – 2011. – Т. 66. – № 2. – С. 209.

УДК 621.315.592

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРО- И НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ КРЕМНИЯ С ПОМОЩЬЮ КАТАЛИТИЧЕСКОГО (МЕТАЛЛ-СТИМУЛИРОВАННОГО) ТРАВЛЕНИЯ

А.И. Бедная¹, Ю.А. Жарова^{1,2}, В.А. Толмачев², Е.В. Гущина²

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.М. Скворцов¹

¹Университет ИТМО;

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

Работа посвящена исследованиям условий металл-стимулированного химического травления и получения с его помощью кремниевых наноструктур, изучению их свойств и параметров. В работе представлены данные об осаждении серебра на кремниевые пластины с разным уровнем легирования. Проведены исследования пленки серебра на кремнии с помощью сканирующей и атомно-силовой микроскопии.

Ключевые слова: кремниевые нанонити, микро- и наноструктурирование кремния, каталитическое травление.

Кремний (Si) с 1960-х годов является основным материалом электроники и микроэлектроники. За долгие годы с момента изобретения первых транзисторов свойства кремния и технология были хорошо изучены, поэтому особый интерес представляют структуры, созданные на основе данного материала. Современные исследования кремниевых наноструктур показали перспективность этого направления науки и техники, а также необходимость развития нанотехнологий для их получения. В связи с этим возрос интерес к металл-стимулированному химическому травлению (МСХТ) в качестве метода для получения кремниевых наноструктур/нанонитей (КНН) [1]. За последние десять лет много авторов посвятили свои исследования изучению оптических свойств КНН (высота которых составляет от 1 мкм до нескольких десятков микрометров) и морфологии полученных нанонитей, но очень мало уделено внимания первым этапам процесса МСХТ – отмывке исходных пластин и подготовке поверхности кремния к осаждению катализатора, а также непосредственно процессам осаждения и влияния

на него различных факторов: время осаждения, температура электролита, удельное сопротивление исходной пластины, состав электролита.

Цель работы заключалась в исследовании начального этапа процесса МСХТ – зависимости осаждения катализатора (Ag) на поверхность кремния в зависимости от его удельного сопротивления.

КНН – кремниевые наноструктуры различной морфологии длиной от 0,01 мкм, имеющие сечение от 5 до 200 нм в зависимости от условий изготовления. Кремниевые нанонити являются перспективными структурами для сенсорики (химические и биологические сенсоры), энергетики (солнечные батареи и аноды в литий-ионных аккумуляторах), оптоэлектроники и фотоники (световоды, фотонные кристаллы), электроники (толстые диэлектрические слои, буферные слои при эпитаксии, чипы памяти) [2].

Существуют различные методы создания наноструктурированного кремния: реактивно-ионное, химическое, электрохимическое и каталитическое травление. Методом микроструктурирования кремния в данной работе выбран МСХТ, поскольку он является наиболее дешевым и не требует специального оборудования. МСХТ представляет собой селективное травление кремния при участии наночастиц благородных металлов в качестве катализатора процесса. С помощью этого метода возможно получение наноструктур в виде упорядоченного или разупорядоченного массива КНН (в зависимости от использования маски при получении требуемой структуры). Основными процессами метода являются:

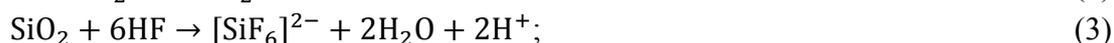
1. осаждение серебра;
2. травление кремния;
3. удаление серебра.

В ходе первого этапа происходит осаждение серебра, которое служит катализатором, из раствора, содержащего нитрат серебра и плавиковую кислоту, таким образом, на поверхности образцов появляются нуклеационные центры травления [3]. В процессе образования КНН протекают следующие реакции:

– катод (поверхность со стороны раствора)



– анод (поверхность со стороны подложки)



– суммарно



Процессы, происходящие при проведении МСХТ (1)–(4) можно объяснить следующим образом. Оксид кремния (2) образуется на участках образцов, покрытых частицами серебра, из-за разницы электродвижущей силы (ЭДС) катализатора и кремния в среде сильного окислителя – перекиси водорода (1). Присутствующая в растворе фтороводородная кислота растворяет окисел, благодаря чему частицы серебра опускаются на дно пор, образуя нитеобразную структуру (3)–(4).

На завершающем этапе метода частицы серебра удаляются из структуры КНН в концентрированной азотной кислоте.

Эксперимент. В настоящей работе использовались кремниевые пластины p-Si (100) с удельным сопротивлением 0,0063–36 Ом·см. Все образцы перед нанесением катализатора подвергались отмывке, которая содержит несколько этапов:

1. кипячение в перекисно-аммиачном растворе ($\text{H}_2\text{O}_2:\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}=1:1:5$) в течение 5 мин;
2. кипячение в кислотном-перекисном растворе ($\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O} = 1:1:5$) в течение 5 мин.

Далее отмывка повторяется с первого этапа.

В ходе отмывки происходит очищение поверхности образцов, как от органических загрязнений, так и от ионов тяжелых и легких металлов. После отмывки кремниевых пластин происходит осаждение частиц серебра из раствора ($0,02\text{M AgNO}_3 + 5\text{M HF} = 1:1$) в течение 30 с.

Анализ. Для исследования массивов КНН могут использоваться различные методы:

- просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) – позволяет детально изучить морфологию отдельных КНН, исследовать влияние технологических условий и характеристик исходного материала на морфологию полученной структуры;
- исследование спектров комбинационного рассеяния света (КРС) – отражает изменение рамановского смещения в зависимости от интенсивности лазерного возбуждения и показывает влияние морфологии КНН на интенсивность рассеяния.

В данной работе для изучения формирования массивов КНН на ранней стадии применялась сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) (рис. 1) и атомно-силовая микроскопия (АСМ).

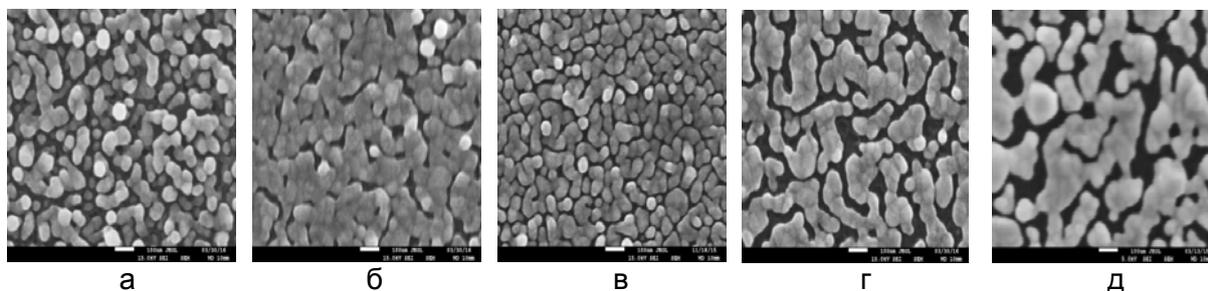


Рис. 1. СЭМ-изображения – вид сверху частиц осажденного серебра на образцах кремния с разным уровнем легирования: 6,3 мОм·см (а); 10 мОм·см (б); 1 Ом·см (в); 12–15 Ом·см (г); 36 Ом·см (д)

На поверхности образцов, полученных вышеописанным методом, образовались несплошные (островковые) пленки серебра (рис. 1). Области пластины, не покрытые частицами катализатора, являются вершинами будущих КНН. На образце с удельным сопротивлением 6,3 мОм·см (рис. 1, а) частицы серебра осаждаются в несколько ярусов, образуя многоэтажный глубокий рельеф, на пластинах 10 мОм·см (рис. 1, б) катализатор распределился достаточно равномерно по толщине с единичными частицами серебра, осевшими вторым ярусом. На образцах кремния с удельным сопротивлением 15–36 Ом·см (рис. 1, г–д) можно отметить увеличение размеров островков серебра на поверхности кремния и расстояния между ними.

Все АСМ-измерения проводились с использованием промышленных зондов НА-НС (резонансная частота 140 кГц, константа жесткости 3,5 Н/м, радиус закругления порядка 10 нм). Столь малый радиус закругления и работа в резонансном режиме (сила давления на образец порядка 1 нН) позволяют проводить АСМ-исследования поверхности образцов с высокой точностью и, не разрушая пленку серебра на нем. Результаты АСМ-исследования поверхности структур кремний-серебро, изготовленных на пластинах кремния с широким диапазоном удельных сопротивлений, представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что зависимость $RMS=f(\rho)$ носит немонотонный характер: наиболее гладкую поверхность с минимальным $RMS \approx 6$ нм островковая пленка серебра образует на кремнии с удельным сопротивлением 1 Ом·см, с уменьшением уровня легирования резко возрастает RMS.

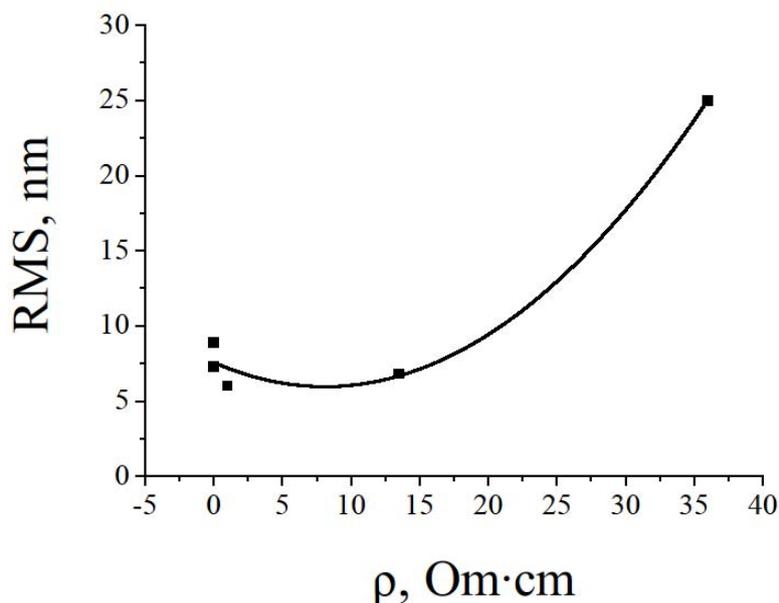


Рис. 2. Зависимость среднеквадратичной неровности серебра RMS, осажденного на поверхность кремниевых пластин в зависимости от удельного сопротивления исходных пластин

Данные, полученные с помощью АСМ, сведены в таблицу, где RMS(Si) – среднеквадратичная неровность исходных кремниевых пластин после отмычки; RMS(Ag/Si) – среднеквадратичная неровность осажденного серебра; h – высота осажденного серебра.

Таблица. Характеристики образцов, полученные с помощью АСМ

ρ , мОм·см	0,0063	0,010	1	12–15	36
RMS(Si), нм	0,16	0,15	0,17	0,09	0,08
RMS(Ag/Si), нм	8,9	7,3	6,0	6,8	25
h , нм	60	45	50–55	35–38	45–50

В ходе исследования, проведенного в данной работе, были обнаружены зависимости размера и морфологии распределения осажденных частиц серебра от удельного сопротивления исходной подложки. Результаты данных исследований позволят контролировать морфологию будущей структуры КНН. Полученные экспериментальные данные и их объяснения позволят выявлять особенности каталитического травления кремния на ранних стадиях используемой технологии МСХТ.

Литература

1. Головань Л.А., Тимошенко В.Ю., Кашкаров П.К. Оптические свойства нанокompозитов на основе пористых систем // Успехи физических наук. – 2007. – Т. 177. – № 6. – С. 619–638.
2. Han H., Huang Z., Lee W. Metal-assisted chemical etching of silicon and nanotechnology applications // Nanotoday. – 2014. – V. 9. – № 3. – P. 271–304.
3. Xiuling Li. Metal assisted chemical etching for high aspect ratio nanostructures: A review of characteristics and applications in photovoltaics // Current Opinion in Solid State and Materials Science. – 2012. – V. 16. – № 2. – P. 71–81.

УДК 004.925

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ ПРИ СВОТОВОТХНИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Ю.И. Безбах¹

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Меженин¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрены вопросы физически корректного трехмерного моделирования освещения, физического моделирования освещения, их взаимосвязи. Проведено исследование, направленное на выявление проблем в трехмерном моделировании освещения и получении реалистичного рендера и физически точных данных.

Ключевые слова: моделирование освещения, оценка точности моделирования, трехмерное моделирование, освещенность рабочей плоскости.

Компьютерное моделирование несовершенно. Работа авторов направлена на поиск методов минимизации погрешности при трехмерной визуализации сцен освещения – методов для точного расчета освещенности при максимально реалистичном изображении сцены с использованием фотометрических источников света и подгрузкой IES-файлов. IES-файл – формат файла создан для передачи фотометрических данных световых приборов между разными светотехническими компьютерными программами. Формат разработан Светотехническим Обществом Северной Америки (Illuminating Engineering Society of North America, IESNA). Он поддерживается большинством программ профессионального моделирования (DIALux, Relux, Lightscape, 3D Studio Max и др.), в которых используются источники света [1].

Часто при моделировании получаются не совсем корректные результаты. Достоверные результаты возможно получить при использовании фотометрических источников света и так называемых физически корректных рендереров Physically Based Rendering (PBR) [2]. Измерения с помощью фотометрических приборов и последующая калибровка позволят повысить точность получаемых данных. Ранее уже был проведен ряд экспериментов, подготовивших базу для дальнейших исследований. Анализ данных, полученных в процессе исследований, позволил сделать вывод: значения показателей освещенности при компьютерном моделировании в программе DIALux и натуральных экспериментах в целом различаются не более чем на 10% [1]. На следующем этапе был проведен светотехнический расчет методом «коэффициента использования светового потока» реального рабочего помещения. В соответствии с результатами расчета были подобраны светильники. Установка корректных светильников в DIALux, благодаря светотехнической специфике данной программы, объективно заняла меньшее количество времени и дала более точный результат, чем аналогичная процедура в 3Ds Max [3].

В 3Ds Max design 2014 была создана 3D-модель реального помещения аудитории. В сцену 3Ds Max добавлены светильники photometric free light и подгружены IES file светильника с сайта производителя светильников, установленных в аудитории. Всего 20 светильников.

В базовой комплектации 3Ds Max идет визуализатор от Mental Images – Mental Ray, производства Германии. Алгоритмы расчета освещения визуализатора Mental Ray основаны на физических свойствах частиц света – фотонов. Каждый источник света излучает поток фотонов, которые распространяются в пространстве и отражаются от объектов, теряя часть энергии. В конце своего пути фотон поглощается поверхностью. Это алгоритм улучшенной трассировки лучей позволяет рассчитывать глобальное освещение, более качественно формировать тени от объектов, обладает возможностью генерации каустики, которая помогает реалистичному отображению объектов сцены с помощью создания отражения или преломления.

Физически световое излучение характеризуется световым потоком, освещенностью и силой света. Световой поток определяет энергию света, излученную за единицу времени, измеряется в люменах (лм). Освещенность – отношение светового потока к площади освещаемой поверхности, измеряется в люксах (лк). Эти характеристики используются при настройке физически корректных сцен рендера.

Также для трехмерной графики важно понятие цветовой температуры – физической величины, характеризующей цвет и яркость источника света, измеряется в кельвинах (К). Фотометрические источники наиболее точно отображаются при использовании в расчете глобальной освещенности алгоритма Radiosity (перенос излучения) [4].

Для профессионального проектирования освещения разработаны специализированные программы. Наиболее известные – Relux и DIALux. Они используются для расчета и визуализации внутреннего и наружного освещения, плагины, выпускаемые практически всеми широко известными производителями освещения позволяют моделировать максимально реалистичное распределения света, а также его силу.

Проведение эксперимента. Создание сцены в 3Ds Max design 2014. Для создания сцены были выбраны фотометрические источники света, так как они основаны на более корректной модели интенсивности света и служат для получения более достоверных результатов освещения объектов и сцены. Интенсивность света фотометрических источников устанавливается в соответствии с реальными значениями (табл. 1).

Таблица 1. Показатели установленных в аудитории светильников

Наименование	C SVT Universal-38/ice/r
Световой поток	3850 лм
Мощность	38 Вт
Температура	4500 К
Размеры	595×595×55 мм

Результаты, полученные при реальных параметрах (3850 лм), при световом потоке 385 лм, при 38,5 лм представлены на рис. 1.

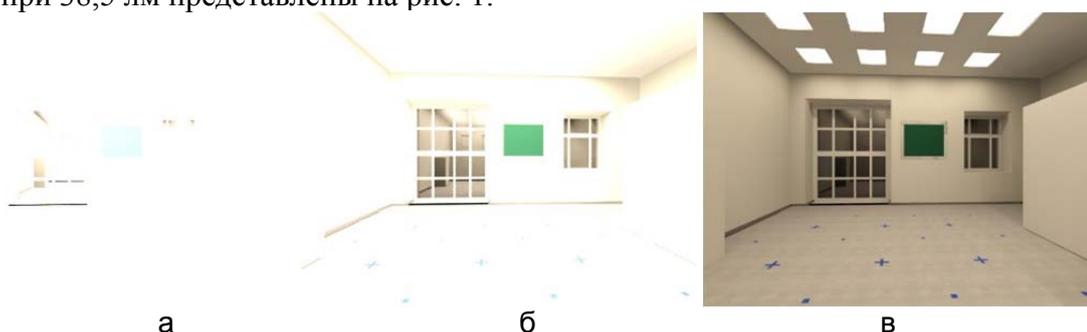


Рис. 1. Результаты моделирования сцены при 3850 лм (а); при световом потоке 385 лм (б); при 38,5 лм (в)

Результаты моделирования, полученные при световом потоке 70–100 лм, оказываются ближе всего к физической реальности. Визуально точное рендер-изображение в 3Ds Max не совпадает с реальными физическими показателями. Это доказывает опыт с использованием инструмента LightMeter Helper в 3Ds Max design. Реальное помещение было разделено на квадраты, замеры освещенности проводились в геометрическом центре каждого квадрата, каждый час в течение светового дня с 9:00 до 17:00 на уровне рабочей плоскости.

По результатам замеров была составлена табл. 2 средних значений.

Таблица 2. Показатели средней освещенности в аудитории в течение дня для 16 квадратов

548	650	508	575
633	823	770	595
696	877	790	570
580	703	730	544

Далее модель реального помещения мы также разбили на 16 квадратов, и сделали замеры освещенности в геометрическом центре каждого квадрата на уровне рабочей плоскости. При этом светильники настроены на реальные показатели светового потока 3850 лм. При помощи инструмента LightMeter Helper в 3Ds Max design создана аналогичная сетка. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Показатели средней освещенности трехмерной модели аудитории для 16 квадратов

623	748	739	592
863	999	986	792
696	877	790	836
541	731	861	715

При сравнительном анализе таблиц получаем погрешность в пределах 20%. При 100 лм светового потока результат оказался недостаточным. Показатели в каждой точке были в 12 раз меньше реальных. Это позволяет сделать вывод об относительной точности расчетных показателей инструментов, встроенных в 3Ds Max.

Сам производитель предлагает решать проблему некорректного отображения рендера при помощи свитка exposure control. Процесс управления экспозицией иначе называется тональным отображением. Здесь представлены предустановленные параметры экспозиции для экстерьерной и интерьерной сцен для светлого и темного времени суток. Создание рендера сцены с дневной интерьерной экспозицией дало очень грубый результат. Изображение получилось слишком темным, поэтому параметры свитка exposure control предлагается настраивать вручную. Мануальная настройка занимает много времени и требует нескольких проверочных рендеров, что занимает тем большее количество времени, чем более сложная сцена представлена перед проектировщиком. И самое главное, не позволяет достоверно визуальную оценить результат освещения от выбранных осветительных установок.

Создание сцены в DIALux. Для сравнения подобная процедура была проведена в программе светотехнического проектирования DIALux. Необходимо отметить, что программа рассчитана исключительно на работу с простыми низкополигональными сценами и не позволяет качественно передать интерьер проектируемого помещения. При импорте трехмерного помещения, ранее спроектированного в 3Ds Max, программа импортировала простые формы, состоящие из минимального числа прямоугольных полигонов.

По праву являясь одной из самых востребованных программ светотехнического проектирования, DIALux позволила получить данные об

освещенности сцены с точностью до 10% с физическими данными, полученными в результате замеров освещенности в аудитории. В DIALux встроен визуализатор POV-Ray, позволяющий получить визуализацию без шумов, но далекую от физической реальности. Persistence of Vision Raytracer (POV) является программой трассировки лучей, она доступна для множества компьютерных платформ. Первоначально основана на DKVTracer. Также на нее имело место влияние раннего трассировщика лучей Polyray. Преимуществом данного визуализатора является то, что POV-Ray – бесплатное программное обеспечение с доступным исходным кодом.

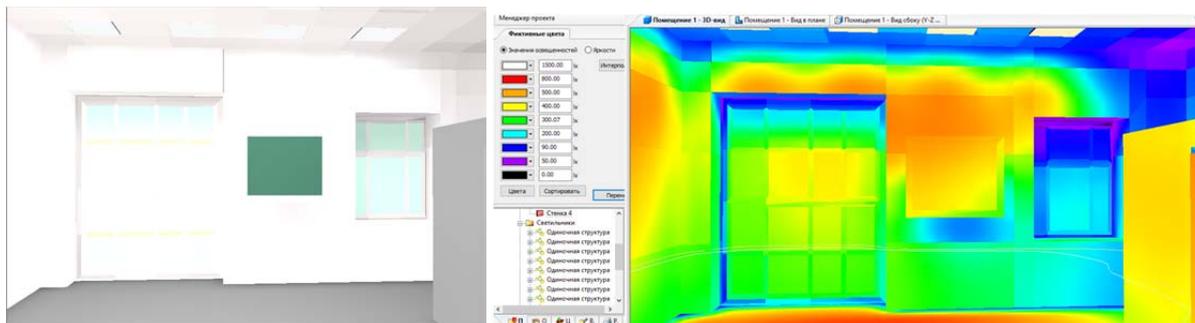


Рис. 2. Результаты моделирования сцены в программе DIALux

Проблемы трехмерного моделирования. Сегодня в сфере трехмерного моделирования существуют огромные возможности. Лидеры программного обеспечения ведут разработки новых, улучшенных версий. Приобретение новых лицензионных версий ведет к ощутимым затратам. 3Ds Max является лучшим инструментом для реалистичной визуализации интерьеров, но пока отстает от программ светотехнического проектирования по расчетным свойствам. Проведенные эксперименты лишь подчеркивают правильность выбранного направления исследовательской работы. Возможность проектирования метода уменьшения погрешности между реальным изображением сцены и ее физическими свойствами поможет проектировщикам ускорить и упростить работу по моделированию помещений с использованием светотехнических установок [5].

Литература

1. Меженин А.В., Сергеева Ю.И. Компьютерное моделирование сценариев освещения // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – № 3-1. – С. 96–98.
2. Меженин А.В., Абушкевич В.Б. Исследование качества систем рендеринга CoronaRender и NOX // Сб. науч. трудов конф. «Образование и наука» (часть 5). – 2014. – С. 93–95.
3. Безбах Ю.И., Меженин А.В. Оценка точности компьютерного моделирования освещения при светотехническом проектировании // Научный альманах. – 2015. – № 122(14). – С. 25–29.
4. Меженин А.В., Щербакова А.А. Использование метода глобального освещения при моделировании интерьера // Сб. науч. трудов конф. «Наука и образование в жизни совр. Общества». – 2014. – С. 58–59.
5. Макаров Д.Н. Методы компьютерного моделирования осветительных установок: автореф. дис....канд. техн. наук: специальность 05.09.07. – М.: МЭИ (ТУ), 2007. – 19 с.

УДК 004.934

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ С ОТКРЫТЫМ КОДОМ

М.В. Беленко¹

Научный руководитель – к.т.н., ассистент П.В. Балакшин¹

¹Университет ИТМО

В работе проведен сравнительный анализ наиболее распространенных систем распознавания речи с открытым исходным кодом. В ходе сравнения использовались такие критерии как скорость и точность распознавания, структуры систем, языки их реализации, наличие подробной документации, поддерживаемые языки распознавания, ограничения, накладываемые лицензией и др. В результате для каждой из рассмотренных систем были выработаны рекомендации по применению.

Ключевые слова: распознавание речи, ASR, сравнительный анализ, open source.

Системы распознавания речи (Automatic Speech Recognition Systems, ASR) получили широкое распространение в наше время – они используются в широком спектре систем и устройств, начиная от смартфонов и заканчивая системами «Умный дом». Однако большинство из них являются проприетарными продуктами и не предоставляют возможности бесплатного использования и доступа к исходному коду, что ограничивает исследовательскую и научную деятельность. Альтернативой таким системам являются системы с открытым исходным кодом, которые зачастую не имеют подробной документации. В результате возникает проблема выбора оптимальной системы распознавания речи для решения поставленной задачи.

Целью работы являлась разработка рекомендаций по применению систем распознавания речи с открытым исходным кодом для упрощения выбора системы для коммерческой или исследовательской деятельности.

В рамках работы были рассмотрены 6 систем с открытым исходным кодом: НТК, CMU Sphinx, Julius, Kaldi, iAtros, RWTH ASR. Выбранные системы сравнивались по точности и скорости распознавания, по удобству использования и по внутренней структуре.

По точности системы сравнивались по общепринятым критериям [1], таким как Word Recognition Rate (WRR), Word Error Rate (WER), которые вычисляются по следующим формулам:

$$WER = \frac{S + I + D}{T}; \quad (1)$$

$$WRR = 1 - WER, \quad (2)$$

где S – число операций замены слов; I – число операций вставки слов; D – число операций удаления слов из распознанной фразы для получения исходной фразы, а T – число слов в исходной фразе и измеряется в процентах. По скорости распознавания сравнение было проведено с использованием Speed Factor (SF), также известного как показатель отношения времени распознавания к длительности распознаваемого сигнала (Real Time Factor). Данный показатель вычисляется по формуле

$$SF = \frac{T_{\text{расп}}}{T}, \quad (3)$$

где $T_{\text{расп}}$ – время распознавания сигнала; T – его длительность и измеряется в долях от реального времени.

Все системы были обучены с применением речевого корпуса WSJ1 (Wall Street Journal 1), содержащего 164 ч тренировочных данных и 9,8 ч тестовых данных, представляющих собой отрывки из газеты Wall Street Journal, зачитанные дикторами обоих полов на английском языке.

После проведения эксперимента и обработки результатов была получена табл. 1.

Таблица 1. Результаты сравнения по точности и скорости

Система	WER(%)	WRR(%)	SF
HTK	19,8	80,2	1,4
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	21,4/22,7	78,6/77,3	0,5/1
Kaldi	6,5	93,5	0,6
Julius	23,1	76,9	1,3
iAtros	16,1	83,9	2,1
RWTH ASR	15,5	84,5	3,8

Из табл. 1 видно, что лучшей точностью распознавания обладает система Kaldi, следующими идут iAtros и RWTH ASR, затем HTK, CMU Sphinx и Julius. CMU Sphinx содержит в себе два декодера – pocketsphinx, реализованный на языке программирования C, и sphinx4, реализованный на языке программирования Java. Как видно из таблицы, реализация на C предоставляет большую точность и скорость распознавания, чем реализация на Java. Лучшей системой по скорости распознавания является CMU Sphinx с декодером pocketsphinx, следующей является Kaldi. У данных двух систем показатель реального времени меньше 1, следовательно, они могут успешно применяться для распознавания речи на лету, например, в системах реального времени. Julius и HTK обладают показателем реального времени, близким к 1, RWTH ASR и iAtros показывают худший результат из представленных. Также стоит отметить, что полученные результаты приблизительно соответствуют результатам, полученным при измерении данных систем на других речевых корпусах, таких как Verbmobil 1, Quaero, EPPS [2, 3].

В качестве критериев сравнения структур были выбраны язык программирования, на котором реализована система, алгоритмы, которые система может использовать при распознавании, форматы входных данных и непосредственно внутренняя структура программной реализации системы.

Процесс распознавания речи во всех системах можно представить в виде следующих этапов:

1. извлечение акустических признаков из входного сигнала;
2. акустическое моделирование;
3. языковое моделирование.

Декодирование. Подходы, алгоритмы и структуры данных, используемые рассматриваемыми системами распознавания речи на каждом из перечисленных этапов, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты сравнения алгоритмов

Система	Извлечение признаков	Акустическое моделирование	Языковое моделирование	Распознавание
HTK	MFCC	HMM	N-gramm	Алгоритм Витерби
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	MFCC, PLP	HMM	N-gramm, FST	Алгоритм Витерби, алгоритм bushderby
Kaldi	MFCC, PLP	HMM, GMM, SGMM, DNN	FST, есть конвертер N-gramm->FST	Двухпроходной алгоритм прямого-обратного хода
Julius	MFCC, PLP	HMM	N-gramm, Rule-based	Алгоритм Витерби
iAtros	MFCC	HMM, GMM	N-gramm, FST	Алгоритм Витерби

Система	Извлечение признаков	Акустическое моделирование	Языковое моделирование	Распознавание
RWTH ASR	MFCC, PLP, voicedness	HMM, GMM	N-gramm, WFST	Алгоритм Витерби

Все рассматриваемые системы используют общепринятые методы распознавания речи [4]. Стоит отметить систему Kaldi, которая использует наиболее современные подходы к решению данной проблемы [5], такие как двухпроходной алгоритм прямого-обратного хода на этапе распознавания и использование глубоких нейронных сетей на этапе акустического моделирования.

Большинство систем написаны на C/C++, что положительно сказывается на их скорости работы, так как данные языки являются достаточно низкоуровневыми. Декодер sphinx4 системы CMU Sphinx написан на Java, что делает данную систему кроссплатформенной, но негативно сказывается на ее скорости работы. Все рассматриваемые системы имеют модульную структуру, т.е. реализованы в виде модулей, каждый из которых предоставляет определенный функционал. Это положительно сказывается на возможности рефакторинга и быстроте внесения изменений в систему. В системе НТК эти модули реализованы в виде отдельных утилит командной строки, которые условно можно разделить на четыре группы в зависимости от задач, которые они выполняют (табл. 3).

Таблица 3. Языки реализации систем, их структура и наличие документации

Система	Язык	Структура	Документация
НТК	C	Модульная, в виде утилит	НТК Book – исчерпывающая информация
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	C/Java	Модульная	Подробная онлайн-документация
Kaldi	C++	Модульная	Подробная онлайн-документация
Julius	C	Модульная	Julius Book – аналогично НТК Book
iAtros	C	Модульная	Отсутствие документации
RWTH ASR	C++	Модульная	Неподробная документация

С точки зрения удобства использования рассматривались такие показатели как наличие подробной документации (табл. 3), поддержка различных операционных систем (ОС) и аппаратных платформ, ограничения, накладываемые лицензией, количество поддерживаемых языков распознавания, интерфейс.

Из рассмотренных систем лучшей документацией обладает НТК. В НТК Book описаны не только аспекты использования НТК, но и принципы распознавания речи в целом. Данная книга полезна в начале изучения технологий распознавания речи, так как дает общий обзор предметной области, технических задач и наиболее распространенных вариантов их решений. Julius Book в основном дублирует НТК Book, за исключением описания декодера, который в системе Julius свой. CMU Sphinx и Kaldi также обладают подробной документацией, доступной онлайн [3]. Различия между ними состоит в том, что документация по CMU Sphinx ориентирована больше на начинающего разработчика и содержит множество инструкций по установке, настройке и запуску системы, тогда как документация по Kaldi больше ориентирована на опытного разработчика и описывает структуру системы и математические подходы,

реализованные в ней. RWTH ASR обладает документацией, описывающей основные модули системы, и инструкцией по установке, что явно недостаточно для понимания системы с нуля неподготовленным пользователем. Наконец, iAtros не предоставляет документации вообще. Все вышеперечисленные источники написаны на английском языке. Также Julius Book написана на японском.

Как можно заметить из табл. 4, большинство систем являются кроссплатформенными, запускаются под управлением большинства современных ОС. Исключение составляют системы iAtros и RWTH ASR, которые запускаются только под управлением Linux и Mac OS.

Таблица 4. Поддержка различных операционных систем и интерфейсы систем

Система	Поддерживаемые ОС	Интерфейс
HTK	Linux, Solaris, HPUX, IRIX, Mac OS, FreeBSD, Windows	Консольный, API
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	Linux, Mac OS, Windows, Android	Консольный, API
Kaldi	Linux, Windows, FreeBSD	Консольный
Julius	Linux, Windows, FreeBSD, Mac OS	Консольный, API
iAtros	Linux	Консольный
RWTH ASR	Linux, Mac OS	Консольный

Все рассматриваемые системы предоставляют интерфейс командной строки (CLI). Это позволяет вызывать систему из командной оболочки ОС, однако не предоставляет возможности использования функционала системы из стороннего приложения. Системы HTK, CMU Sphinx и Julius вдобавок к консольному интерфейсу предоставляют открытое API, которое позволяет использовать их функции в других программах.

Английский язык поддерживается каждой из систем. Лидером по количеству поддерживаемых языков является система CMU Sphinx, которая поддерживает такие языки как французский, казахский, русский, английский (США), испанский, немецкий, голландский, мексиканский (табл. 5). Среди поддерживаемых языков имеются весьма экзотические, такие как мандарин. Также такой экзотический язык, как японский, поддерживается системой Julius.

Таблица 5. Поддерживаемые языки распознавания и лицензии

Система	Языки	Лицензия
HTK	английский	HTK
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	Множество языков, в том числе экзотические	BSD
Kaldi	английский	Apache
Julius	японский, английский	BSD подобная
iAtros	английский, испанский	GPLv3
RWTH ASR	английский	RWTH ASR

Все рассматриваемые системы распространяются под свободными лицензиями, так как это и было критерием выбора систем для сравнительного анализа. Исключение составляет система RWTH ASR, которая распространяется свободно только для некоммерческого использования.

Исходя из данных, представленных выше, можно выработать рекомендации по применению каждой из рассмотренных систем распознавания речи.

Система Kaldi может с успехом применяться для научно-исследовательской деятельности, так как обеспечивает хорошую точность распознавания, приемлемую скорость распознавания, реализует множество современных методов распознавания речи, имеет множество готовых рецептов, что делает ее простой в использовании и обладает исчерпывающей документацией.

Система CMU Sphinx может применяться в коммерческих проектах, так как обладает большинством достоинств Kaldi, хотя и обеспечивает несколько худшую точность распознавания, а также предоставляет API, которое можно использовать для построения сторонних приложений на базе данной системы.

Систему НТК можно порекомендовать для использования в образовательной деятельности в сфере распознавания речи. Она реализует большинство классических подходов к решению проблемы распознавания речи, обладает очень подробной документацией, которая также описывает основные принципы распознавания речи в целом, и имеет множество обучающих статей и рецептов.

Систему Julius можно также порекомендовать для образовательной деятельности, так как она обладает всеми плюсами НТК, и также предоставляет возможность распознавать такой экзотический язык как японский.

Система iAtros с успехом может использоваться там, где кроме распознавания речи необходимо еще применение распознавания образов, так как данная система предоставляет такую возможность.

Наконец, система RWTH ASR может применяться для решения задач, где важна точность распознавания, но неважно время. Также стоит заметить, что она совершенно непригодна для какой либо коммерческой деятельности из-за ограничений, накладываемых лицензией.

В результате проведения работы было проведено сравнение наиболее распространенных систем распознавания речи и даны рекомендации по их применению, что может существенно упростить процесс выбора пользователем одной из проанализированных систем как для коммерческой, так и для научной и исследовательской деятельности.

Литература

1. Карпов А.А., Кипяткова И.С. Методология оценивания работы систем автоматического распознавания речи // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – № 11. – С. 38–43.
2. Sundermeyer M. et al. The RWTH 2010 Quaero ASR evaluation system for English, French, and German // IEEE International Conference on. – 2011. – P. 2212–2215.
3. Gaida C. et al. Comparing open-source speech recognition toolkits [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sundermann.com/su/pdf/oasis2014.pdf>, своб.
4. Балакшин П.В. Повышение точности алгоритмов распознавания речи на основе скрытых марковских моделей // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2008. – № 46. – С. 232–237.
5. Тампель И.Б. Автоматическое распознавание речи – основные этапы за 50 лет // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15. – № 6. – С. 957–968.

УДК 501

АЛГОРИТМ КОРРЕКТИРОВКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖИТЕЛЯ ОБЪЕКТОВ

Т.С. Бияхмет¹

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Демин¹

¹Университет ИТМО

В работе предложен алгоритм повышения эффективности коэффициентов риска принимаемого решения и блок-схема имитационного моделирования процесса обнаружения объектов оптико-цифровым детектором с целью выбора коэффициентов риска, которые обеспечивают минимизацию ожидаемой величины потерь для критерия Байеса.

Ключевые слова: алгоритм выбора, оптико-цифровой детектор, априорные переходные вероятности, блок средней облученности, имитационная модель.

Введение. Принцип действия оптико-цифровых детекторов (ОЭД) обнаружения объектов, входящих в состав оптико-электронного комплекса поиска и обнаружения, основан на регистрации изменения структуры облученности в зоне чувствительности детектора. В зависимости от структуры зоны чувствительности – одноэлементная или многоэлементная – алгоритм регистрации изменения структуры облученности разный, но сам факт обнаружения объекта носит вероятностный характер. Наиболее распространенный алгоритм обнаружения объектов – это параллельно-последовательный, а в качестве решающего правила выступает один из возможных критериев Байеса, Неймана–Пирсона и др. [1–4]. Эффективность обнаружителя объектов помимо оптико-физических параметров определяется выбранным критерием и его параметрами, алгоритм выбора которых и является **целью работы**.

Основная часть. В данной работе в алгоритм повышения эффективности обнаружителя объектов положен критерий Байеса. В соответствии с критерием Байеса алгоритм принятия решения о наличии объекта (H_0) в зоне чувствительности или отсутствии его (H_1) строится на основе априорного распределения вероятностей относительно сравниваемых результатов наблюдений возможных четырех гипотез: $H_0|H_0$ – правильное решение «да»; $H_1|H_1$ – правильное решение «нет»; $H_1|H_0$, $H_0|H_1$ – определенный «ответ» относительно истинности наличия цели в зоне чувствительности ОЭД дать нельзя при этом $H_1|H_0$ – ложная тревога; $H_0|H_1$ – пропуск цели [2, 4]. В соответствии со значениями априорных переходных вероятностей (P_0/P_1) и подпространств решений «да»/«нет» (Z_0/Z_1) соответствующее соотношение имеет вид [2, 4, 5], где приняты следующие обозначения: \mathfrak{R} – ожидаемая величина потерь; $\Lambda(R)$ – отношение правдоподобия; η – порог испытания; $P_{r|H_0}$, $P_{r|H_1}$ – значение априорной плотности вероятности «да»/«нет»; R – множество точек в пространстве наблюдений (регистрация каждого «да»/«нет»); C_{00} , C_{11} , C_{10} , C_{01} – коэффициенты риска («цена») принимаемого решения, при этом «цена» ошибочного решения (например, в случае $H_0|H_1$) может быть выше правильного [2].

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathfrak{R} = C_{00}P_0 \int_{Z_0} B_0 dR + C_{10}P_0 \int_{Z_1} B_0 dR + C_{11}P_1 \int_{Z_1} B_1 dR + C_{01}P_1 \int_{Z_1} B_1 dR \\ B_0 = p_{r|H_0}(R|H_0); B_1 = p_{r|H_1}(R|H_1) \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} B_1 \geq \frac{P_0(C_{10} - C_{00})}{P_1(C_{01} - C_{11})} \\ B_0 \leq \frac{P_0(C_{10} - C_{00})}{P_1(C_{01} - C_{11})} \end{array} \right. \Leftrightarrow \Lambda(R) \underset{H_0}{\overset{H_1}{\geq}} \eta \Rightarrow \ln \{ \Lambda(R) \} \underset{H_0}{\overset{H_1}{\geq}} \ln(\eta).$$

На вероятность правильного обнаружения $H_0|H_0$ или $H_1|H_1$ детектором влияет и назначение коэффициентов риска «ответа» правильность выбора, которых увеличивает

эффективность обнаружителя, которая определяется соотношением (2), где приняты следующие обозначения: \mathfrak{R}_0 – ожидаемая величина потерь; \mathfrak{R}_∇ – ожидаемая величина потерь после коррекции коэффициентов риска

$$\Psi_{\text{ОЭД}} = \frac{\mathfrak{R}_0 - \mathfrak{R}_\nabla}{\mathfrak{R}_0 + \mathfrak{R}_\nabla}. \quad (2)$$

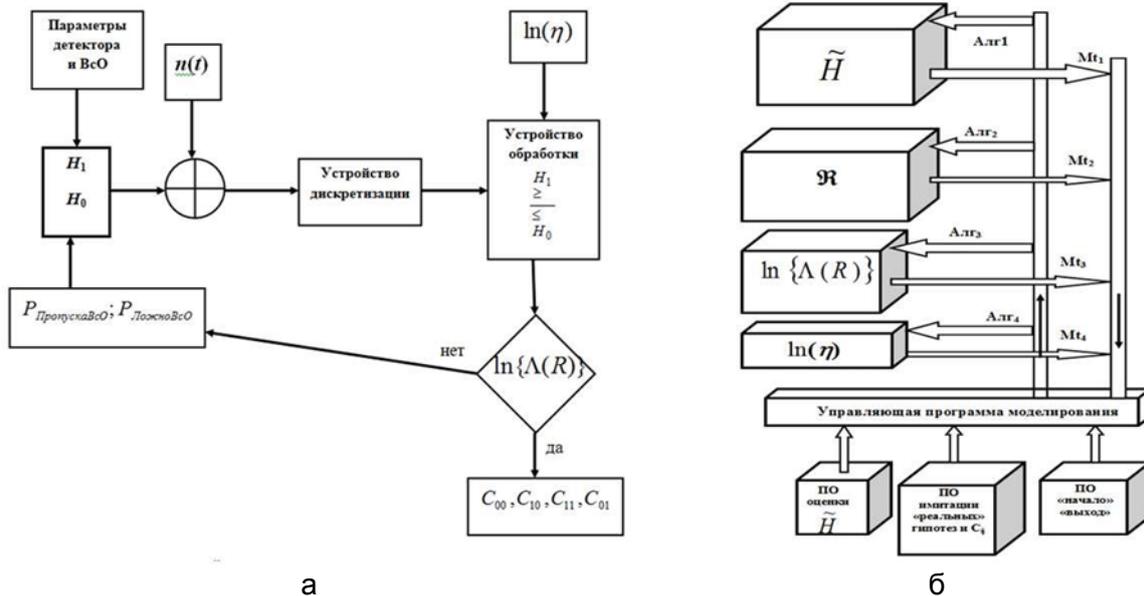


Рисунок. Алгоритм коррекции коэффициентов риска для случая аддитивного гауссового шума (а) и блок-схема его имитационного моделирования процесса обнаружения (ИМОБн) детектором с целью выбора коэффициентов риска (б)

На рисунке представлен алгоритм коррекции коэффициентов риска для случая аддитивного гауссового шума (рисунок, а) и блок-схема его ИМОБн детектором с целью выбора $C_{00}, C_{11}, C_{10}, C_{01}$ (рисунок, б), обеспечивающие минимизацию ожидаемой величины потерь. Блок-схема включает в себя:

- блок средней облученности L зоны чувствительности детектора при известных оптико-физических параметрах детектора;
- блок ожидаемой величины потерь \mathfrak{R} ;
- блок вариации отношения правдоподобия $\ln\{\Lambda(R)\}$ путем вариации $C_{00}, C_{11}, C_{10}, C_{01}$;
- блок ожидаемого порога обнаружения $\ln(\eta)$.

Имитационная модель выбора коэффициентов риска в математической форме может быть представлена соотношением (3), где H – средняя облученность зоны чувствительности детектора; σ^2 – дисперсия $n(t)$; $P_{\text{пр}}$ – вероятность пропуска ($(H_0 \rightarrow H_1) \rightarrow (C_{01} \rightarrow C_{11})$); $P_{\text{ложн}}$ – вероятность ложной фиксации ($(H_1 \rightarrow H_0) \rightarrow (C_{10} \rightarrow C_{00})$) [2, 4–6]:

$$\begin{cases} \frac{\tilde{H}}{\sigma^2} \sum_1^N R_i - \frac{N(\tilde{H})^2}{2\sigma^2} \underset{H_0}{\overset{H_1}{\geq}} \ln \eta \\ ((C_{11} - C_{00}) + (C_{01} - C_{11})P_{\text{пр}} - (C_{10} - C_{00})P_{\text{ложн}}) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Поскольку факт «да»/«нет» есть результат параллельно-последовательных событий реального обнаружения, то для синхронизации всех событий и выполнения алгоритмов имитации Алг_{*i*} введена переменная Mt_0 , называемая модельным (системным) временем. При реализации ИМОБн воспользуемся следующим представлением модельного времени [2, 6]:

- Mt_R – реальное время имитации;
- Mt_0 – модельное время синхронизации событий;
- Mt_{ij} – машинное время имитационного моделирования.

Корректировка временных координат t_i нескольких блоков осуществляется с помощью Mt_0 , в случае совпадения значения t_i в момент выполнения $\{\text{Алг}_i\}_j$ нескольких блоков. Тем самым последовательно обслуживаются $\{\text{Алг}_i\}_j$, совпадающие по одинаковому значению времени выполнения, но при этом Mt_0 не меняется до окончания выполнения всех совпадающих по времени реализации $\{\text{Алг}_i\}_j$. Таким образом, выполняется последовательность функциональных действий, которые и являются объектом имитации, при этом каждая стадия функционального действия характеризуется номером j , а возможные вариации номером i . Корректировка временной координаты сводится к вычислению нового значения Mt_{ij} по формуле $Mt_{ij} = Mt_0 + \tau_{ij}$, которое используется в дальнейшем для определения момента новой активизации имитационной модели блока обнаружителя. Под активизацией этих блоков следует понимать начало выполнения следующей ее активности (выполнение алгоритма $\{\text{Алг}_i\}_j$ и оператора корректировки временной координаты).

Вариация средней облученности L выполнялась в соответствии с известным соотношением при одном шаге накопления. В нашем случае соотношение (3) следует представить как среднее значение из N шагов накопления «да»/«нет», например, в соответствии с методикой [7] будет (таблица):

$$\tilde{L} = \frac{1}{N} \sum_1^N \left[t_{\min} \tau_0 \frac{\langle \rho \rangle S_{\text{ан}}}{f^2} \cos^4 \beta \int_{\Delta\lambda} \{ K_s(\lambda) K_r(\lambda) \times \right. \\ \left. \times \left[\frac{1}{\pi} E_z(\lambda, h_s) \tau_a^{1/\cos\beta}(\lambda) + B_d(\lambda, h_s, \psi) \right] \right] d \quad (4)$$

Таблица. Обозначения и реальные значения обнаружителя для моделирования

t_{\min}	минимально необходимое время действия облученности для получения одного отсчета (1,46 мс)
N	число отсчетов (7)
τ_0	интегральный коэффициент пропускания оптики (0,8)
$\Delta\lambda$	регистрируемый спектральный инфракрасный диапазон
$K_s(\lambda)$	спектральный коэффициент пропускания оптики (максимальное значение 0,9)
$K_r(\lambda)$	спектральная чувствительность (0,1 Вт/м ²)
$\langle \rho \rangle$	среднее альbedo объектной плоскости (0,8)
$E_z(\lambda, h_s)$	спектральная облученность, зависящая от высоты Солнца h_s (0,2 Вт/м ²)
$\tau_a(\lambda)$	спектральный коэффициент пропускания атмосферы для трассы наблюдения (0,87)
$B_d(\lambda, h_s, \psi)$	спектральная яркость атмосферной дымки, зависящая от высоты Солнца и углом между плоскостью визирования и плоскостью солнечной вертикали (минимально допустимое значение $1,2 \cdot 10^{-4}$ Вт/м ²)
β	угол между линией визирования и вертикалью (4,50)
$S_{\text{ан}}$	площадь действующей апертуры ОЭД (0,03 м ²)
f	фокусное расстояние объектива (0,19 м)
$\epsilon_{\text{ВсО}}$	коэффициент характеризующий как АЧТ (0,7)
2ω	угловое поле (2,50)

Обнаружение объектов в зоне чувствительности обнаружителя происходит вследствие ее пересечения объектом, что приводит к изменению структуры облученности, например, спектрального состава в ней. Любой объект является источником излучения, и практически до 70% оно сосредоточено в диапазоне от $0,85 \epsilon_{\text{ВсО}} \times \lambda_{\text{max}}$ до $1,15 \epsilon_{\text{ВсО}} \times \lambda_{\text{max}}$, где λ_{max} – длина волны излучения, при которой энергия абсолютно черного тела (АЧТ) максимальна. В процессе моделирования H оптико-физические параметры обнаружителя и фона, которые приведены в скобках (таблица), не изменялись.

Имитационное моделирование при условии, что значения априорных плотностей вероятности «да»/«нет» подчиняются закону равной вероятности и соответственно будет:

$$\left\{ \begin{aligned} \mathcal{R}_{0,5} &= 0,5 \left\{ (C_{10} + C_{11}) + (C_{00} - C_{10}) \int_{z_0} B_0 dR + (C_{01} - C_{11}) \int_{z_0} B_1 dR \right\} \\ (C_{01} - C_{11}) P_{\text{пр}} - (C_{10} - C_{00}) P_{\text{лож}} &= 0. \end{aligned} \right. \quad (5)$$

В результате компьютерного моделирования было установлено, что $\mathcal{R}\Delta = \min\{\mathcal{R}0,5\}$ достигается, если выполнять $C_{01} - 2C_{10} = C_{11}$.

Особенности динамики объектов накладывают ограничение на число наблюдений, необходимых для принятия решения об обнаружения, но меньше чем три отсчета принимать нельзя. В этой связи для повышения достоверности принимаемого решения целесообразно в соотношении (3) коэффициент риска пропуска цели C_{10} , учитывающий спектрально-энергетическую модель объектов, определять в соответствии со следующим соотношением, в котором приняты следующие обозначения – $I_{\text{ВхЗр}}$ – облученность входного зрачка; $\hat{I}_{\text{ИСИ}}$ – интегральная сила излучения; $T_{\text{ВсО}}$ – температура объекта [8]:

$$C_{01} = 1 - \frac{I_{\text{ВхЗр}}}{\hat{I}_{\text{ИСИ}}} = 1 - \left(\frac{2898}{\lambda_{\text{max}}} \right)^4 [T_{\text{ВсО}}]^4. \quad (6)$$

Выводы. В результате проделанной работы разработан и предложен алгоритм коррекции коэффициентов риска в платежной матрице для случая аддитивного гауссового шума и блок-схема ИМОбн детектором с целью выбора $C_{00}, C_{11}, C_{10}, C_{01}$, обеспечивающих минимизацию ожидаемой величины потерь для критерия Байеса. Практическая реализация алгоритма в оптико-цифровой системе обнаружения высокоскоростных летательных аппаратов позволило увеличить правильность выбора «да»/«нет» на 12% [9]. Предложенные алгоритм и имитационная модель справедливы и для критерия Неймана–Пирсона [10–12].

Литература

1. Астапов Ю.М., Васильев Д.В., Заложнев Ю.И. Теория оптико-электронных следящих систем. – М.: Наука, 1988. – 328 с.
2. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. – Т. 1. – М.: Советское радио, 1972. – 744 с.
3. Горелик А.Л., Барабаш Ю.Л., Кривошеев О.В., Эпштейн С.С. Селекция и распознавание на основе локационной информации. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.
4. Бакут П.А., Жулина Ю.В., Иванчук Н.А. Обнаружение движущихся объектов / Под ред. П.А. Бакута. – М.: Сов. радио, 1980. – 288 с.
5. Тяжев А.И. Оптимизация цифровых детекторов в приемниках по минимуму вычислительных затрат. – Самара: Поволжский институт информатики, радиотехники и связи, 1994. – 256 с.
6. Демин А.В., Копорский Н.С. Имитационное моделирование информационно-

- измерительных и управляющих систем. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2007. – 139 с.
7. Красильников Н.Н. Теория передачи и восприятия изображений. – М.: Радио и связь, 1986. – 248 с.
 8. Демин А.В., Лосев С.В. Алгоритм управления коэффициентами риска тепlopеленгатора // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. – 2014. – № 2. – С. 94–102.
 9. Демин А.В., Сорокин А.В., Гордеев Д.М., Белянский М.А., Птицына А.С., Шалковский А.Г., Чуриков А.Б., Смолин А.С. Авиационный тепlopеленгатор // Изв. вузов. Приборостроение. – 2011. – Т. 54. – № 5. – С. 93–98.
 10. Креков Г.М., Кавкянов С.П., Крекова М.М. Интерпретация сигналов оптического зондирования атмосферы. – Новосибирск: Наука, 1987. – 184 с.
 11. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Современные проблемы инфракрасной техники. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2011. – 84 с.
 12. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Инфракрасные системы «смотрящего» типа. – М.: Логос, 2004. – 444 с.

УДК 537.226.35

ЭЛЕКТРОКАЛОРИЧЕСКИЙ МИКРООХЛАДИТЕЛЬ БЕЗ ТЕПЛОВЫХ КЛЮЧЕЙ ДЛЯ ТЕРМОУПРУГИХ ФОТОПРИЕМНИКОВ

М.Т. Буй¹, И.В. Баранов¹

¹Университет ИТМО

Показано, что охлаждение фотоприемников на термоупругом эффекте является актуальной задачей. Показано, что основные требования к охлаждению термоупругих фотоприемников, такие как малогабаритный размер, способность работать при комнатной температуре и высокоэффективность, обеспечивает микроохладитель на основе электрокалорического эффекта, работающий без использования тепловых ключей. Разработан прототип микроохладителя для термоупругих фотоприемников.

Ключевые слова: электрокалорический эффект, микроохладитель, твердотельное охлаждение, фотоприемник, термоупругий эффект.

Охлаждение фотоприемника на термоупругом эффекте. Под термоупругим эффектом понимают возникновение упругих напряжений под действием теплового поля. На основе этого эффекта в оптико-электронном приборостроении используется кристаллический кварц в качестве приемного элемента приемников. Для получения электрического сигнала упругие напряжения необходимо превратить в электрические напряжения с помощью пьезоэффекта [1]. Чувствительный элемент термоупругого преобразователя состоит из тонкой (приблизительно 0,1 мм) пластинки из кристаллического кварца X-среза, приклеенной (или припаянной при наличии второго электрода) к теплоотводящему демпферу. На переднюю поверхность кварцевой пластинки наносят никелевый электрод и чернь для обеспечения неселективности. Все свойства кварца сильно зависят от температуры [2]. Модули упругости, как, впрочем, и константы гибкости, являются термозависимыми. Температурные характеристики упругих постоянных α -кварца являются непрерывными вплоть до точки $\alpha \leftrightarrow \beta$ -перехода. Это приводит к изменению чувствительности от изменения температуры при больших уровнях мощности. При импульсном режиме работы нестационарные и стационарные составляющие теплового поля одного порядка, и это может привести к возникновению нелинейности приемника излучения. Коэффициенты теплового расширения кварца с повышением температуры возрастают, претерпевая скачок в точке $\alpha \leftrightarrow \beta$ -перехода (при 573°C или 846 K) и плавно уменьшаются при дальнейшем повышении температуры. Распространение тепла в кристаллах зависит от температуры. Теплопроводность

монокристаллического кварца уменьшается с повышением температуры, в то время как аморфного – повышается. Теплоемкость всех тел, в частности кварца, уменьшается с понижением температуры. Итак, охлаждение фотоприемников на термоупругом эффекте является актуальной задачей.

Термодинамический цикл электрокалорического охладителя, работающего без использования тепловых ключей. Для охлаждения таких приемников основными требованиями являются малогабаритный размер, способность работать при комнатной температуре и высокая эффективность охладителя. Эти требования удовлетворяют твердотельные охладители на электрокалорическом эффекте [3]. Такие охладители владеют размером порядка кубических сантиметров благодаря способности работать без использования тепловых ключей, и сами их охлаждающие элементы имеют высокую плотность (приблизительно в 7 раз больше плотности газов) [4]. Электрокалорический эффект состоит в увеличении температуры вещества при создании в нем электрического поля напряженностью E и соответствующем уменьшении температуры при выключении этого поля при адиабатических условиях. Принцип работы основан на эффекте разницы величин электрокалорического эффекта в сегнетоэлектрических материалах при поляризации и деполяризации сегнетоэлектрического образца. Возьмем сегнетоэлектрический конденсатор, имеющий тепловую связь с тепловым буфером ограниченной емкости. Но из-за нелинейности зависимости поляризации сегнетоэлектрика от температуры, для сегнетоэлектрического конденсатора, находящегося в неравновесных условиях, абсолютные значения электрокалорического отклика при поляризации и деполяризации не равны между собой и зависят от выбора начальной температуры конденсатора. Рассмотрим температурный режим сегнетоэлектрического конденсатора при приложении последовательности импульсов. В первый период времени происходит поляризация сегнетоэлектрического конденсатора и его электрокалорический нагрев. Во второй период времени осуществляется тепловой обмен между конденсатором и буфером при условии поддержания постоянной напряженности поля на сегнетоэлектрическом конденсаторе. В результате теплообмена температура конденсатора понижается. В третий момент времени происходит деполяризация конденсатора, и его температура опускается ниже температуры теплового буфера. В четвертый момент времени происходит возврат тепла из буфера в сегнетоэлектрический конденсатор. Благодаря эффекту разницы величин электрокалорического эффекта при поляризации и деполяризации сегнетоэлектрического материала при выборе рабочей точки, итоговая температура конденсатора в конце четвертого момента времени оказывается ниже начальной. В дальнейшем цикл повторяется. Видно, что в идеальном случае, с каждым циклом температура системы понижается на разницу величин электрокалорического эффекта при поляризации и деполяризации сегнетоэлектрического конденсатора. Исследования электрокалорического отклика проводились с использованием термостатирующей камеры ESPEC SU-261, генератора сигналов произвольной формы Agilent 33522A, высоковольтного усилителя Trek 609E-6 и нановольтметра Agilent 34420A. Непосредственное измерение изменения температуры при поляризации и деполяризации сегнетоэлектрического образца производилось откалиброванным миниатюрным платиновым термометром сопротивления. На образец подавались импульсы напряжения амплитудой 1 кВ, создающие электрическое поле напряженностью 1 В/мкм. Длительность периодов t_1-t_2 и t_2-t_3 составляла 50 с. Длительность переднего и заднего фронта импульса равнялась 250 мкс. Величина разницы зависимости электрокалорического отклика при поляризации и деполяризации для сегнетоэлектрического образца на основе $Ba_{0,65}Sr_{0,35}TiO_3$ может достигать $dT=5$ мК при комнатной температуре [5].

Прототип и вычислительная модель электрокалорического микроохладителя без тепловых ключей для термоупругого фотоприемника. Предложена численная модель и прототип твердотельного охлаждающего устройства, работающего без использования тепловых ключей, и ненуждающегося в тепловом сбросе, на основе многослойных емкостных структур. В качестве изоляционного теплового контакта был выбран кристалл фторида натрия NaF с очень высокой теплопроводностью 14000 Вт/(м·К) при комнатной температуре. В качестве электрокалорических элементов были выбраны сегнетоэлектрические чип-конденсаторы на основе $Ba_{0,65}Sr_{0,35}TiO_3$, размером $10 \times 10 \times 1$ мм. Пять конденсаторов параллельно подключены в одном охлаждающем блоке. Все пять блоков монтируются в единый общий электрод, обеспечивающий подачу сигнала на каждый емкостной элемент и минимизацию тепловых потерь прототипа. Одна из обкладок каждого блок-конденсатора граничит с общим тепловым буфером, находящимся под потенциалом земли (рисунок, а). Измерение флуктуаций температуры происходит в центре общего теплового буфера. Другая обкладка каждого блок-конденсатора граничит с собственным тепловым буфером, через нее же идет подача управляющего сигнала. Электрическая схема подключения 5-ти охлаждающих блоков на основе 5-ти чип-конденсаторов в прототипе показана на рисунок, б.

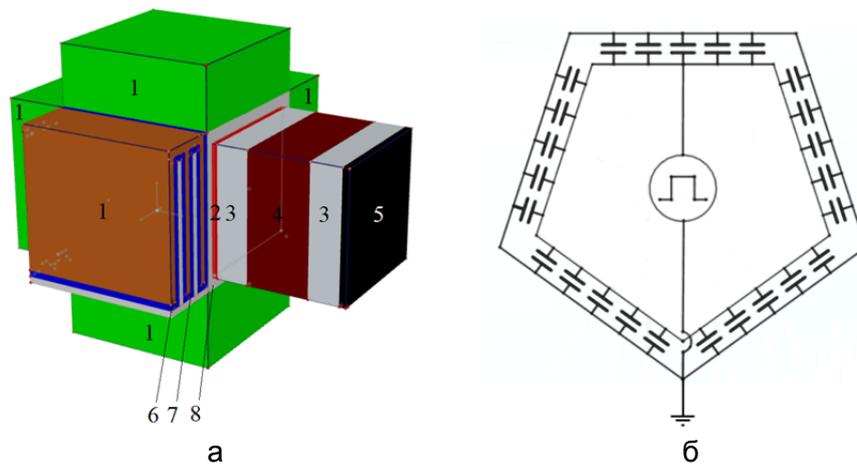


Рисунок. Термоупругий фотоприемник с электрокалорическим охладителем: 1 – охлаждающие блоки; 2 – изоляционный тепловой контакт; 3 – электроды приемника; 4 – кристаллический кварц; 5 – чернь; 6 – тепловой буфер охлаждающего блока; 7 – электрокалорический элемент; 8 – общий тепловой буфер (а); электрическая схема подключения 5-ти охлаждающих блоков на основе 5-ти чип-конденсаторов в прототипе электрокалорического микроохладителя без тепловых ключей для термоупругого фотоприемника (б)

По направлению дальнейшего развития проблемы, необходимо вывести формулы для управления микроохладителем частотой или амплитудой электрического поля, теоретически и практически исследовать процесс релаксации теплового поля термоупругого приемника с электрокалорическим микроохладителем, а также процесс охлаждения электрокалорическим микроохладителем.

Литература

- 1 Ишанин Г.Г., Полщиков Г.В. Основы теории приемников на термоупругом эффекте при измерении гармонически модулированных потоков излучения // Изв. вузов. Приборостроение. – 1985. – Т. 28. – № 8. – С. 72–80.
- 2 Фам Шон Лам, Буй Минь Туан. Физические основы и принципы построения приемников оптического излучения на термоупругом эффекте в кристаллическом кварце // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2011. – № 4. – С. 15–20.

- 3 Valant M. Electrocaloric materials for future solid-state refrigeration technologies // Progress in Materials Science. – 2012. – V. 57(6). – P. 980–1009.
- 4 Karmanenko S.F., Pakhomov O.V., Prudan A.M., Starkov A.S., Es'kov A.V. Layered ceramic structure based on the electrocaloric elements working as a solid state cooling line // J. Europ. Ceramic Soc. – 2007. – V. 27. – № 8–9. – P. 3109–3112.
- 5 Еськов А.В., Белявский П.Ю., Анохин А.С., Пахомов О.В., Семенов А.А., Мыльников И.Л., Никитин А.А., Буй М.Т., Черкасский М.А., Плотников В.В. Экспериментальное исследование электрокалорического отклика в сегнетоэлектрических материалах // Журнал технической физики. – 2016. – Т. 86. – Вып. 7. – С. 151–153.

УДК 004.934.2

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАССТАНОВКИ ЗНАКОВ
ПРЕПИНАНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО
АНАЛИЗА РЕЧИ**

А.В. Булушева¹, И.А. Черных^{1,2}, В.И. Кабаров²
Научный руководитель работы – к.т.н. К.Е. Левин^{1,2}

¹ООО «ЦРТ-инновации»;

²Университет ИТМО

Предложена система автоматического предсказания пунктуации в текстах распознанной речи на основании просодических, словных и грамматических признаков с формированием взвешенного обобщенного решения. Для детектирования вопросительных знаков использовался второй проход классификации. Система была протестирована для различных стилей речи. Независимое обучение классификаторов позволило избежать разреженности данных для лексического классификатора и повысить общую устойчивость системы.

Ключевые слова: предсказание пунктуации, детектирование границ предложений, распознавание речи, условные случайные поля, метод опорных векторов, русский язык.

Введение. Детектирование границ предложений и расстановка знаков препинания – необходимый элемент современных систем распознавания речи. Поскольку система распознавания речи выдает результат в виде простой цепочки слов, его необходимо специально обработать, чтобы придать ему вид стандартного текста. Добавление в текст знаков препинания позволяет сделать результат распознавания более удобочитаемым и легким для восприятия в таких задачах, как, например, автоматическая диктовка, а также облегчить обработку результатов распознавания системами автоматического анализа текста, такими как синтаксические парсеры, системы кластеризации и т.п.

Существует большое количество литературы, посвященной автоматическому делению на предложения и расстановке знаков препинания в распознанной речи [1–11]. Задача расстановки знаков препинания может быть сформулирована как задача автоматической классификации слов на группы, за которыми следует тот или иной знак препинания либо пробел (отсутствие знака).

Задача автоматического определения знаков препинания для русского языка является особенно сложной благодаря особенностям русской пунктуации. В отличие от английского и многих других языков, в русском языке правила пунктуации являются очень строгими и отклонение от них в большинстве случаев не допускается, что делает ошибки алгоритма особенно заметными при его оценке пользователями. Также следует отметить сложности, которые представляет задача определения вопросительных предложений (расстановки знаков вопроса). Как отмечается в литературе, эта проблема

является самой сложной подзадачей из всей совокупности проблем, связанных с автоматическим определением знаков препинания [2]. В русском языке эта проблема усугубляется тем, что общие вопросы никак не маркируются ни лексически, ни синтаксически (за исключением частицы «ли», которая употребляется сравнительно редко). Тем не менее, определение вопросительных предложений является важным в таких ситуациях, как распознавание обращений в контакт-центры, запросов в информационно-справочных системах и т.п., поэтому необходимо было включить решение этой задачи в разрабатываемый алгоритм.

Описание системы. На основании анализа литературы было принято решение о разработке алгоритма деления на предложения и расстановки знаков препинания с использованием двух групп признаков: просодических и лексических. **Целью работы** являлось выделение трех видов знаков препинания: точка, знак вопроса (конечные знаки) и запятая (знак внутри предложения). При этом входными данными для вычисления признаков являлись распознанные слова, а также границы распознанных слов, сопоставленные звуковому сигналу в процессе распознавания. Таким образом, задача в общем виде формулируется как задача классификации распознанных слов на четыре класса: три знака препинания и отсутствие знаков.

В работе использовался SVM-классификатор для учета просодики, CRF-классификатор обучался на большой лексической базе с использованием словных признаков. Затем вероятности объединялись для формирования взвешенного обобщенного решения по расстановке запятых и точек в тексте распознанной речи. Для детектирования вопросительных знаков использовался второй проход классификации. Независимое обучение двух классификаторов позволило избежать разреженности данных для лексического классификатора, и повысить общую устойчивость системы. Данная работа проведена для русского языка, и может быть распространена на другие флективные языки.

Лексические признаки. В алгоритм в качестве признаков были включены как сами словоформы, так и их морфологические теги. Морфологический тег для каждого слова включает его часть речи, а также грамматическую форму (например, род, число, падеж, лицо и т.п.) и некоторые семантические признаки (имя, фамилия, название). Следует отметить, что использование расширенного набора морфологических признаков в данном алгоритме дало около 4% прироста в точности классификации по сравнению с использованием только частей речи. Конкретные сочетания признаков в теге зависели от части речи слова. Всего в обучающей выборке было использовано 887 индивидуальных морфологических тегов.

Для расстановки знаков препинания на основании лексических признаков был выбран метод условных случайных полей (Conditional Random Field, CRF). Этот классификатор моделирует условную вероятность для последовательной разметки данных. Он может быть определен по формуле (1):

$$p(y|x) = \frac{1}{Z(\bar{x})} \exp(\sum_{j=1}^n \lambda_i f_i(y_{j-1}, y_j, \bar{x}, j)), \quad (1)$$

где $Z(\bar{x})$ – фактор нормализации; λ_i – веса; f_i – функции признаков; \bar{y} – последовательность пунктуационных меток; \bar{x} – входная последовательность; n – длина входной последовательности.

В результате исследований было установлено, что наилучшая длина контекста для вычисления лексических признаков – 6 слов для словоформ и 3 слова для морфологических тегов. Для уменьшения количества редких признаков был установлен порог частотности 4, что позволило уложиться в требования по ресурсоемкости при обучении моделей классификатора. В разработке использовался распространяемый по бесплатной лицензии инструментарий CRF++ [12].

Просодические признаки. Использование просодических признаков при автоматическом определении пунктуации продиктовано тем, что знаки препинания во многих случаях отражают интонационное оформление предложения. В разработанном алгоритме просодические признаки вычисляются для каждой границы распознанных слов. Вычисление признаков происходит как для всей протяженности слова слева и слова справа от границы, так и для временного окна длительностью 200 мс слева и справа от границы.

При обучении просодического классификатора были также добавлены некоторые грамматические признаки, такие как часть речи текущего слова, является ли слово служебным, и т.п. Эти признаки не дают такой подробной грамматической информации, как признаки, используемые лексическим классификатором, однако они повышают надежность просодической классификации, обеспечивая большую точность итогового решения общей системы. Всего в просодическом классификаторе использовалось 69 признаков.

Для просодической классификации в разработанном алгоритме был использован метод опорных векторов (Support Vector Machine, SVM) с применением в качестве ядра радиально-базисной функции. Процедура обучения состояла из двух этапов. На первом этапе оценивались оптимальные значения параметров «стоимость» (C) и «гамма» (γ). Для этого было использовано 20% всех обучающих данных. Затем для каждого значения параметров обучалась SVM-модель в пределах $\log_2 C \in [1; 15]$ и $\log_2 \gamma \in [-15; -1]$ с шагом 0,5. Для обучения модели использовалось 80% имеющихся данных, а остальные 20% использовались для оценки точности классификации. В качестве меры точности использовалась средняя F -мера для каждого класса. На последнем этапе модель обучалась на всех данных с использованием оптимальных значений C и γ .

Объединенная модель. Итак, лексический и просодический классификаторы работают отдельно для определения вероятностей знаков препинания после каждого слова в распознанной речи. Затем алгоритм производит фузирование (комбинирование) результирующих вероятностей для принятия окончательного решения. На первом этапе определяется только постановка точек и запятых. Для фузирования вероятностей используется находящийся в свободном доступе инструмент FoCal Multi-class Toolkit [4]. Комбинирование вероятностей происходит следующим образом. Для каждой пунктуационной метки (точка, запятая, нет знака) используется отдельная двухклассовая модель. Фузированные вероятности нормализуются так, чтобы их сумма равнялась единице. Финальное решение о постановке знака препинания производится с помощью сравнения вероятностей знаков препинания с вероятностью отсутствия знака, умноженной на коэффициент.

Второй проход для детектирования вопросительных знаков. Расстановка вопросительных знаков в нашем алгоритме производится отдельно, с помощью второго прохода классификации. При обучении второго прохода и при его работе принимаются в расчет только те позиции, где на первом проходе были расставлены точки. Предварительные эксперименты показали, что использование двухпроходного алгоритма дает 14% прироста точности определения вопросительных знаков по сравнению с однопроходным алгоритмом. Для второго прохода было произведено отдельное обучение как лексического, так и просодического классификатора.

При обучении второго прохода лексического классификатора были добавлены следующие дополнительные признаки:

- наличие ключевого слова в начале текущего предложения, в начале каждого блока, отделенного запятой, а также в любой позиции внутри предложения;
- первое слово после ближайшей запятой;

- количество слов и блоков, разделенных запятыми, в текущем предложении;
- знак препинания, определенный на первом проходе.

Второй проход просодического классификатора использует тот же набор признаков, что и на первом проходе.

Базы данных. Для тестирования работы алгоритма были выбраны три речевые базы данных, характеризующиеся разными стилями речи и условиями записи: «Интервью», «Телефон» и «Чтение». База «Интервью» (длительность 5,5 ч, словарь 43,4k слов) состоит из записей различных интервью, переданных по теле- и радиовещанию, и может быть определена как спонтанная речь, записанная в различных условиях, в том числе с высоким уровнем шума. База «Телефон» (11,4 ч, 54,2k слов) состоит из записей звонков в контакт-центр, обрабатывающий обращения граждан по социальным вопросам (спонтанная речь, запись в телефонном канале). База «Чтение» (5,1 ч, 34,7k слов) состоит из записей художественных текстов, сделанных профессиональными дикторами в специально оборудованной студии.

Система распознавания речи. На всех выборках были проведены два вида экспериментов: с ручной расшифровкой текста и с результатами распознавания. Для тестирования результатов распознавания использовалась система распознавания слитной речи, разработанная в ООО «ЦРТ» [13, 14], основанная на CD-DNN-HMM акустических моделях [15]. Базовая тандемная модель была обучена на LC-RC признаках. Для речевых баз данных «Интервью» и «Чтение» была использована общая языковая модель, обученная на 6 ГБ текстов новостной тематики (300 тыс. слов, 5 млн n -грамм). Точность распознавания на этих базах данных составляет 75% и 78% соответственно. Для речевой базы «Телефон» использовалась специализированная языковая модель, созданная путем интерполяции общей языковой модели с тематической моделью, обученной на расшифровках телефонных звонков в контакт-центры (70 МБ данных, тексты не пересекаются с разработанными авторами тестовой базой). Благодаря этому точность распознавания для звуковой базы «Телефон» составила 80%.

Результаты и обсуждения. Результаты экспериментов представлены в табл. 1–3. Для того чтобы оценить вклад каждого из наших классификаторов в общее решение, отдельно протестировали результаты работы лексического и просодического классификатора (табл. 1 и 2, соответственно). Финальный результат, полученный в результате фузирования результатов работы обоих классификаторов, приведен в табл. 3. Для оценки качества классификации использовались следующие метрики: точность, полнота и F -мера (гармоническое среднее точности и полноты). Оценивалась точность расстановки каждого из трех используемых знаков препинания в отдельности, а также точность определения наличия/отсутствия какого-либо знака препинания («любой знак»).

Таблица 1. Результаты работы лексического классификатора

База данных	Знак	Ручная расшифровка			Результат распознавания		
		% точности	% полноты	% F -меры	% точности	% полноты	% F -меры
«Чтение»	Точка	62,5	50,6	55,9	56,1	45,2	50,1
	Запятая	72,0	51,1	59,8	66,7	46,2	54,8
	Вопрос	56,4	24,8	34,4	58,3	19,0	28,7
	Любой	91,1	67,1	77,3	83,0	59,9	69,6

База данных	Знак	Ручная расшифровка			Результат распознавания		
		% точности	% полноты	% F-меры	% точности	% полноты	% F-меры
«Интервью»	Точка	44,1	47,4	45,7	40,1	40,5	40,3
	Запятая	75,6	51,5	61,3	70,3	42,6	53,0
	Вопрос	31,9	11,9	17,3	20,0	4,0	6,6
	Любой	85,0	67,0	75,0	73,0	52,0	60,8
«Телефон»	Точка	56,1	43,5	49,0	52,2	34,3	41,4
	Запятая	55,5	35,7	43,5	50,8	30,1	37,8
	Вопрос	30,1	14,1	19,2	30,2	8,0	12,6
	Любой	85,4	59,3	70,0	69,8	42,3	52,7

Таблица 2. Результаты работы просодического классификатора

База данных	Знак	Ручная расшифровка			Результат распознавания		
		% точности	% полноты	% F-меры	% точности	% полноты	% F-меры
«Чтение»	Точка	75,3	75,0	75,2	76,3	67,3	71,5
	Запятая	52,0	53,9	52,9	53,9	48,9	51,3
	Вопрос	31,1	2,8	5,1	43,5	4,0	7,3
	Любой	84,2	81,5	82,8	86,6	73,7	79,7
«Интервью»	Точка	36,6	22,5	27,8	35,0	30,8	32,8
	Запятая	28,3	20,7	23,9	38,4	29,1	33,1
	Вопрос	4,4	1,2	1,9	3,0	1,2	1,7
	Любой	57,2	39,1	46,5	54,1	42,3	47,5
«Телефон»	Точка	49,5	32,1	38,9	54,4	30,1	38,8
	Запятая	25,0	22,1	23,5	31,0	20,5	24,7
	Вопрос	8,4	13,2	10,2	10,0	11,6	10,7
	Любой	67,3	54,5	60,3	67,9	43,3	52,9

Таблица 3. Финальные результаты работы алгоритма

База данных	Знак	Ручная расшифровка			Результат распознавания		
		% точности	% полноты	% F-меры	% точности	% полноты	% F-меры
«Чтение»	Точка	68,2	74,7	71,3	64,4	67,8	66,1
	Запятая	73,2	60,1	66,0	68,4	53,9	60,3
	Вопрос	56,6	39,6	46,6	55,7	29,2	38,3
	Любой	90,5	84,1	87,2	85,2	75,4	80,0
«Интервью»	Точка	47,4	52,5	49,8	42,7	48,7	45,5
	Запятая	72,3	53,7	61,6	67,8	44,6	53,8
	Вопрос	29,9	13,9	19,0	18,9	6,7	9,9
	Любой	85,7	72,0	78,3	72,6	57,3	64,1
«Телефон»	Точка	60,2	63,0	61,6	56,6	59,5	58,0
	Запятая	58,2	37,7	45,8	55,9	34,5	42,7
	Вопрос	29,2	20,8	24,3	27,9	21,1	24,0
	Любой	85,2	70,8	77,3	78,1	63,9	70,3

Результаты тестирования алгоритма показывают, что при самостоятельной работе лексический классификатор показывает лучшие результаты, чем просодический. Хорошие результаты просодического классификатора на речевой базе «Чтение» обусловлены тем, что он был обучен на том же типе данных, а также тем, что просодические характеристики

синтагм при чтении легче поддаются классификации, чем в случае спонтанной речи. В то же время добавление просодической информации существенно повышает точность классификации (абсолютный прирост 3–11% для F -меры по метрике «любой знак» по сравнению с результатами лексического классификатора).

Полученные результаты сравнимы с результатами, опубликованными в последних литературных источниках; например, в недавней работе [16] сообщается о 46–65% F -score для запятых, 61–67% для точек, и 20–41% для вопросительных знаков на различных корпусах английского языка.

Выводы и дальнейшие исследования. Предложенная система успешно детектирует большую часть знаков препинания в русском языке. Несмотря на то, что результаты несколько ухудшаются при переходе от ручных транскрипций к результатам автоматического распознавания, распознанная речь с пунктуацией выглядит значительно более легкой для восприятия.

В будущем авторами планируется продолжить исследования в следующих направлениях. Во-первых, планируется подавать метки границ фонем на вход просодического классификатора для более точной оценки длительности просодических признаков. Другое улучшение связано с использованием частеречной информации в просодическом классификаторе для детектирования знаков вопроса. Во-вторых, лексический классификатор может быть улучшен с использованием результатов синтаксического парсинга (как, например, предлагается в [17]).

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы ПНИ «Разработка методов лингвистического и семантического анализа для интеллектуальной обработки текстов, полученных в результате автоматического распознавания звучащей спонтанной русской речи» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.579.21.0008 (RFMEFI57914X0008).

Литература

1. Stolcke A., Shriberg E. Automatic linguistic segmentation of conversational speech // Fourth International Conference on Spoken Language. – 1996. – V. 2. – P. 1005–1008.
2. Huang J., Zweig G. Maximum entropy model for punctuation annotation from speech // Proc. of ICSLP. – 2002. – P. 917–920.
3. Shriberg E., Stolcke A., Hakkani-Tür D., Tür G. Prosody-based automatic segmentation of speech into sentences and topics // Speech communication. – 2000. – V. 32. – № 1. – P. 127–154.
4. Chistikov P., Khomitsevich O. Online Automatic Sentence Boundary Detection in a Russian ASR System // Proc. of the 14th International Conference Speech and Computer. – 2011. – P. 112–117.
5. Korenevsky M., Ponomareva I., Levin K. Online Topic Segmentation of Russian Broadcast News // Proc. of the 14th International conference on Speech and Computer. – 2011. – P. 373–378.
6. Christensen H., Gotoh Y., Renals S. Punctuation annotation using statistical prosody models [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cstr.ed.ac.uk/downloads/publications/2001/pros01-punc.pdf>, своб.
7. Wang X., Ng H.T., Sim K.C. Dynamic conditional random fields for joint sentence boundary and punctuation prediction // Proc. 13th Annual Conference of the International Speech Communication Association. – 2012. – P. 281–286.
8. Hasan M., Doddipatla R., Hain T. Multi-pass sentence-end detection of lecture speech // Proc. 15th Annual Conference of the International Speech Communication Association. – 2014. – P. 2902–2906.

9. Kolář J., Lamel L. Development and Evaluation of Automatic Punctuation for French and English Speech-to-Text [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.259.5361&rep=rep1&type=pdf>, своб.
10. Boakye K., Favre B., Hakkani-Tür D. Any questions? Automatic question detection in meetings // IEEE Workshop on Automatic Speech Recognition & Understanding. – 2009. – P. 485–489.
11. Margolis A., Ostendorf M. Question detection in spoken conversations using textual conversations // Proc. of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. – 2011. – V. 2. – P. 118–124.
12. Kudo T. CRF++: Yet another CRF toolkit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://taku910.github.io/crfpp/>, своб.
13. Chernykh G., Korenevsky M., Levin K., Ponomareva I., Tomashenko N. State Level Control for Acoustic Model Training // Proc. of the in 16th International Conference Speech and Computer. – 2014. – V. 8773. – P. 435–442.
14. Tomashenko N., Khokhlov Y. Speaker adaptation of context dependent deep neural networks based on MAP-adaptation and GMM-derived feature processing // Proc. of the 15th Annual Conference of the International Speech Communication Association. – 2014. – P. 2997–3001.
15. Dahl G.E., Yu D., Deng L., Acero A. Context-Dependent Pre-Trained Deep Neural Networks for Large-Vocabulary Speech Recognition // IEEE Trans. Audio, Speech and Language Proc. – 2012. – V. 20. – № 1. – P. 30–42.
16. Ueffing N., Bisani M., Vozila P. Improved models for automatic punctuation prediction for spoken and written text // Proc. 14th Annual Conference of the International Speech Communication Association. – 2013. – P. 3097–3101.
17. Zhang D., Wu S., Yang N., Li M. Punctuation Prediction with Transition-based Parsing // ACL. – 2013. – V. 1. – P. 752–760.

УДК 535.513

**АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АППАРАТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОЖНОГО ПОКРОВА**

А.Б. Булыкина¹

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.А. Рыжова¹

¹Университет ИТМО

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615868 «Исследование методов и принципов построения автоматизированных видеоинформационных систем для контроля качества продуктов, объектов, материалов».

Человеческая кожа представляет собой орган, имеющий сложную структуру и выполняющий различные функции. Развитие методов диагностики кожного покрова представляет интерес для практического применения в медицине. Использование поляризационного излучения в неинвазивных методах исследования свойств кожи позволяет видеть глубоко лежащие структуры без применения иммерсионных жидкостей и прямого контакта.

Ключевые слова: оптико-электронная система анализа оптически неоднородных объектов и сред, макет поляризационной установки.

Целью работы являлась разработка макета лабораторной установки для исследования состояния верхних слоев кожного покрова.

Для достижения указанной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. осуществить информационный поиск современных аппаратно-технических решений в области дерматологии, рассмотреть достоинства и недостатки существующих

приборов;

2. разработать структурную схему макета лабораторной установки.

Использование поляризованного излучения позволяет уменьшить количество отраженного света от поверхности кожи, а также рефракционные и дифракционные искажения, позволяя исследователю видеть структуры, лежащие ниже слоя корнеоцитов (отжившие клетки эпидермиса). В связи с этим целесообразным представляется развитие экспериментальных исследований в области поляризационной дерматологии [1–4].

Кожа человека относится к сильно рассеивающим или оптически мутным средам со средним показателем, большим, чем у воздуха. Также она способна уменьшать степень поляризации падающего на объект света. Она является деполаризирующей системой. Для описания распространения света через деполаризирующие системы используются формализм векторов Стокса и матриц Мюллера.

Важными достоинствами поляризационной визуализации является, помимо селекции диффузионно рассеянных фотонов, возможность исключения зеркального отражения на поверхности биоткани, например, изменением угла облучения и приема отраженного излучения. Облучая кожу поляризованным светом, можно наблюдать два основных процесса: деполаризация, обусловленная многократным рассеянием света кожей, и изменение состояния поляризации, связанное с оптической активностью, двулучепреломлением образца и т.д.

Рассмотрим преобразование состояния поляризации любого типа в рассеивающей среде с типичными параметрами биоткани, а именно монохроматическую плоскую волну, падающую на изолированный рассеиватель. Состояние поляризации рассеянного света описывается вектором Стокса:

$$\mathbf{I}_s = \mathbf{M} \mathbf{I}_i, \quad (1)$$

где \mathbf{M} – 4×4 матрица, описывающая оптические свойства среды (или матрица Мюллера); \mathbf{I} – вектор Стокса падающего излучения. Вектор Стокса определяется как

$$I, Q = \langle E_x E_x^* \pm E_y E_y^* \rangle, \quad U, V = \langle E_x E_x^* \pm E_y E_y^* \rangle,$$

где E_x и E_y – ортогональные компоненты вектора электрического поля, в лабораторной системе координат XYZ (при этом считается, что свет распространяется вдоль оси Z), $\langle \rangle$ скобки означают усреднение по времени.

В результате рассеяния на частице свет в общем случае становится эллиптически поляризованным. Для сферически симметричных частиц из оптически неактивного материала элементы матрицы рассеяния света зависят от угла рассеяния θ , длины волны, геометрических и оптических параметров рассеивателей:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & 0 & 0 \\ M_{12} & M_{11} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & M_{33} & M_{34} \\ 0 & 0 & -M_{34} & M_{33} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Степень линейной поляризации рассеянного света через параметры Стокса определяется как

$$P_L = Q_s I_s, \quad (3)$$

а круговой как

$$P_c = M_{33} / M_{11}. \quad (4)$$

Зная характер преобразования вектора Стокса на каждом акте рассеяния, и используя различные приближения теории многократного рассеяния или метод Монте-Карло, возможно нахождение состояния поляризации света после его многократного рассеяния в объемной среде.

В данной работе был проведен анализ современных аппаратно-технических решений в области поляризационной дерматоскопии. Наиболее используемым прибором в диагностике кожных заболеваний является дерматоскоп. Существует два вида дерматоскопов: ручные и электронные. В данных приборах применяется метод анализа полученных изображений кожи. В данном методе обработка полученных данных целиком ложится на оператора. Для изучения внутренних структур кожи применяются дорогостоящие методы оптической компьютерной томографии. В основе данного метода лежит двумерное сканирование участков кожи.

На основе проведенного патентного поиска была разработана структурная схема макета лабораторной установки для исследования состояния верхних слоев кожного покрова. Рассмотренные современные приборы задействуют видимый спектральный диапазон, но не проводят оценку изменения параметров Стокса при облучении участка кожного покрова.

Разработанная схема видеодерматоскопа представлена на рисунке.

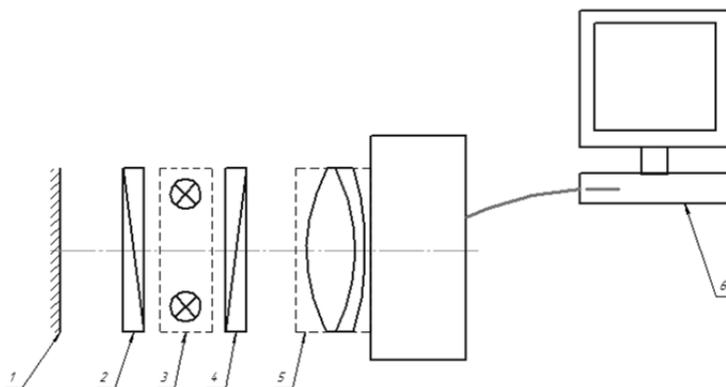


Рисунок. Схема разрабатываемого видеодерматоскопа

Образец 1 освещается с помощью сменной осветительной системы 3, перед которой установлен линейный полярирующий фильтр 2. Часть отраженного от кожного покрова излучения попадает на приемник оптического излучения 5, пройдя через кросс-полярирующий фильтр 4. Полученное изображение передается на компьютер 6 для последующей обработки и анализа полученных данных.

Использование кросс-поляризирующего фильтра позволит полностью фильтровать интенсивный свет исходной поляризации. При этом свет, прошедший через интересующие структуры, достигает матричные элементы цифровой камеры благодаря двулучепреломлению.

В разрабатываемом приборе будут учтены все существующие недостатки дерматоскопов. Для наиболее полной клинической картины предлагается использовать несколько спектральных диапазонов для выявления объемных элементов кожного покрова.

Исследования выполнялись при государственной финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 074-U01).

Литература

1. Тучин В.В. Оптическая биомедицинская диагностика. – М.: Физматлит, 2007. – Т. 1. – 560 с.
2. Панков Э.Д., Коротаяев В.В. Поляризационные угломеры. – М.: Недра, 1992. – 240 с.
3. Пушкарева А.Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 103 с.
4. Снопко В.Н. Поляризационные характеристики оптического излучения и методы их измерения. – Минск: Наука и техника, 1992. – 336 с.

УДК 681.723.2

**РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО МИКРОСКОПА В РАМКАХ ПРОЕКТА
СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ОПТОТЕХНИКИ**Д.В. Бутова¹, Н.Д. Толстоба¹¹Университет ИТМО

Студенческая научная лаборатория оптотехники и другие лаборатории Университета ИТМО дают возможность студентам реализовывать проекты. В работе представлена разработка мобильного микроскопа, разрабатываемого и изготавливаемого силами лаборатории СНЛО совместно с лабораториями ФабЛаб и ОЛИМП с помощью 3D-принтеров и лазерного гравера. Представлен чертеж линзы, необходимой для создания микроскопа. Описана эволюция конструкций крепления линзы к мобильному устройству, идеи, и представлена их реализация.

Ключевые слова: мобильный микроскоп, студенческая лаборатория, СНЛО, ФабЛаб, ОЛИМП, 3D-принтер.

Представленный на рынке широкий спектр насадок на мобильные телефоны в виде объективов, выполняющих в совокупности с камерой мобильного устройства функцию микроскопов, заинтересовал авторов в создании своего собственного прототипа [1–3]. Также предложенные образцы обладают негативными свойствами:

- зачастую дешевые устройства не универсальны, а предназначены только для одной или небольшого количества похожих моделей мобильных телефонов, причем для планшетов таких устройств не наблюдалось;
- некоторые устройства дороги;
- слишком громоздки;
- а также неудобны в использовании или даже подозрительны в своем воздействии на телефон.

Таким образом, **цель работы** – обеспечение устройства следующими свойствами:

- достойные оптические характеристики (с увеличением около $20\times$);
- дешевизна изготовления за счет выполнения из подручных материалов на предоставленных в пользование станках партнерских лабораторий;
- универсальное;
- легкое в изготовлении и использовании;
- с некоторой эстетикой.

Мобильный микроскоп работает по принципу оптического микроскопа, в котором окуляр заменен на матрицу. Это система типа ближний предмет, ближнее изображение. Условно фотокамера телефона принимается за окуляр (понимая, что окуляр дает дальнее изображение, а камера – ближнее), а часть, которую предстоит добавить – за объектив. Поскольку окуляр типа дальний-ближний, то объектив должен быть типа ближний-дальний. Под такой тип подходит обыкновенная положительная линза.

Увеличение микроскопа определяется как произведение увеличения объектива на увеличение окуляра. Поскольку увеличение, создаваемое камерами телефонов, основано не на смещениях линз, а на программном увеличении полученного однократного изображения, и не увеличивает разрешающей способности камеры, то увеличение окуляра мобильного микроскопа считаем постоянным и равным 1. Увеличение же объектива возрастает при уменьшении фокусного расстояния объектива. Таким образом, самой удачной линзой является линза, фокусное расстояние которой не превышало бы 10 мм.

Существует проблема с оптическим элементом. Это должна быть линза с большой кривизной преломляющей поверхности. Самостоятельное изготовление линз авторам пока недоступно. Таким образом, линзы извлекаются из доступных лазерных указок. Приблизительные параметры этих линз приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики линзы, используемые при моделировании креплений и приблизительное фокусное расстояние

Фокусное расстояние	7–8 мм
Диаметр	7 мм
Толщина	2 мм

Также в процессе работы над проектом были разработаны чертежи, с целью изготовить линзы (рисунок). Кривизна второй поверхности рассчитывалась, исходя из необходимого фокусного расстояния, и оптимизировалась в программе расчета оптики ZEMAX с целью получения линзы с меньшей дисторсией.

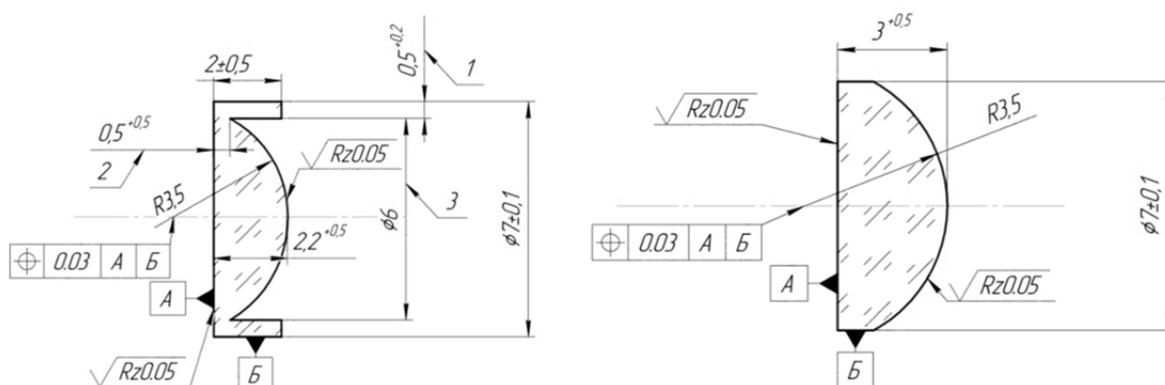
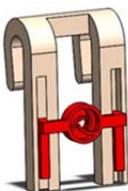
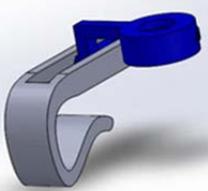
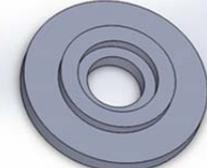
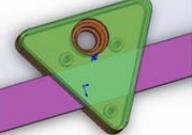
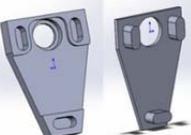


Рисунок. Чертежи линз

Моделирование креплений для имеющихся линз к мобильному устройству производилось в системе автоматизированного проектирования SolidWorks. Спроектированные модели, а также реальные детали, изготовленные в стенах лабораторий ФабЛаб и ОЛИМП, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Модели креплений и изготовленные детали

а. Рельсы				
б. Присоска				
в. Крепление в браслете				
г. Зажим на браслете				



Первым опытом было крепление «рельсы» (табл. 2, а). Крепления изготовлены на 3D-принтере. В толстом варианте крепления из-за толщины не достигается универсальности, т.е. крепление может держаться на телефоне фиксированной толщины. На тонком же креплении такой недостаток исчезает, но из-за своей малой толщины крепление ломается при частых изгибах и при попытке закрепить на слишком толстый телефон.

Следующая реализованная идея – «присоска» (табл. 2, б). Держатель линзы изготавливался на 3D-принтере, а также на лазерном гравере (вырезался из оргстекла или фанеры). Такая система удобно подстраивается к камере мобильного устройства, но только при условии, что присоска может присосаться к его поверхности.

Далее началась разработка крепления с линзой в браслет (табл. 2, в). Браслет должен натягиваться на телефон, а линза лежать в оправе из двух похожих половинок, но с разными диаметрами, с натягом соединяющихся. Браслет не травмирует телефон и универсален. Его можно носить на руке. Существенным минусом такой конструкции оказалось отверстие, которое нужно проделать в браслете. Из-за него браслет рвется. Крепление под линзу диаметром 7 мм имеет размер, который сравним с толщиной стандартных браслетов, но под такое крепление сложно подобрать браслет.

Была проведена попытка создания браслета из силикона в лаборатории ФабЛаб, но не увенчалась успехом, поскольку внутри силикона образуется множество пузырей воздуха (не все удалось уничтожить в вакуумной установке), а толщина браслета настолько маленькая (1–1,5 мм), что он легко рвется уже на этапе извлечения готового образца из формы.

Следующая концепция крепления на данный момент оказывается наиболее удачной и получила поддержку в плане дополнений к креплению в лаборатории ОЛИМП (табл. 2, г). Оно оказывается наиболее универсальным из вышеописанных.

Развивая идею с креплением на браслете, было опробовано крепление «с ушками» (табл. 2, д). Крепление хорошо тем, что оно негромоздкое и быстро печатается. Но снова нужно делать отверстия в браслете, что понижает его надежность.

Следующее крепление представлено в табл. 2, е, оно представляет собой две части, внутри которых спрятаны магниты. Эти части зажимают телефон, магниты обеспечивают удерживание двух частей между собой. В этом креплении не очень удобно подставлять линзу к камере мобильного устройства.

В заключение хочется отметить, что предстоит доработать образцы, чтобы получить универсальное крепление для телефона, но в целом у авторов уже получился готовый продукт.

Литература

1. Иванова Т.В. Введение в прикладную и компьютерную оптику. Конспект лекций. – СПб.: СПб ГИТМО (ТУ), 2002. – 92 с.
2. Tolstoba N.D., Saitgalina A.K., Abdula P.A., Butova D.V. Student research laboratory for optical engineering // Proceedings of SPIE. – 2015. – V. 9793. – P. 97931Y.
3. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2015. – 560 с.

УДК 681.7-1/-9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОБЛЕГЧЕНИЯ ЗЕРКАЛА КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛЕСКОПА С ЗАДАННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Д.В. Бутова¹, А.Г. Флейшер², Н.Д. Толстоба¹

¹Университет ИТМО

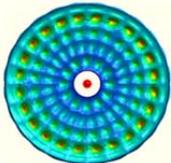
²АО «ГОИ им. С.И. Вавилова»

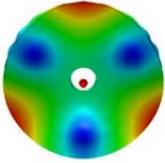
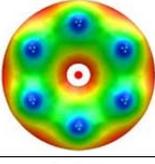
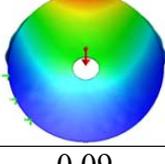
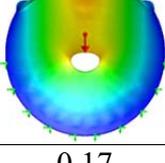
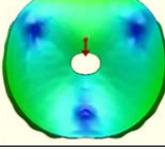
В работе исследованы способы облегчения конструкции зеркала: реберно-кольцевая, реберная, кольцевая, «сэндвич» при разных условиях базирования, с учетом действия силы тяжести на Земле и стартовых нагрузок. Рассматриваемая модель зеркала выполнена из карбида кремния. Объясняется необходимость избавления от любой структуры облегчения, и приводятся результаты расчетов прогибов оптической поверхности при полном ее отсутствии.

Ключевые слова: облегченные зеркала, телескоп, МКЭ, карбид кремния.

Исходя из преимущества карбида кремния (SiC) по жесткости, которая определяется отношением модуля упругости к плотности, перед другими используемыми в телескопостроении материалами (например, популярным в России ситаллом С0115М [1, 2]), представляется возможным более значительное облегчение зеркал, выполненных из этого материала. Таким образом, была выполнена серия расчетов конструкции облегчения главного зеркала из SiC. Целью расчетов было снижение массы главного зеркала с сохранением достигнутого при обработке качества отражательной поверхности в условиях гравитации. В расчете использовались разные системы базирования зеркала, основными из которых были: опора на тыльную сторону, используемая при изготовлении, контроле оптической поверхности на станке и напылении отражательных слоев, и опора на три точки, используемая также при контроле и установке в прибор (табл. 1). В качестве исходной конструкции для расчетов была выбрана конструкция радиально-кольцевого облегчения зеркала (рис. 1). Она была выбрана по причине минимальной деформации отражательной поверхности при опоре на три точки. Расчеты деформаций отражательной поверхности зеркала, проведенные при разных системах его базирования, представлены в табл. 2. Другие конструкции облегчения зеркала сравнивались с исходной по следующим параметрам: масса, прогибы отражательной поверхности и напряжения. Характеристики материала, используемые в этих расчетах, представлены в табл. 2.

Таблица 1. Деформации отражательной поверхности при разных способах опоры
(масса зеркала 69,4 кг)

№	Положение оптической оси	Способ базирования	Максимальная деформация, мкм	Применение
1	Вертикальное	Тыльная плоскость	0,005 	Изготовление, контроль на станке и напыление отражательных слоев

№	Положение оптической оси	Способ базирования	Максимальная деформация, мкм	Применение
2	Вертикальное	Три точки	0,96 	Контроль, установка в прибор
3	Вертикальное	Шесть точек	0,16 	Контроль, установка в прибор
4	Горизонтальное	Лента покрывает 1/2 внешнего кольца	0,37 	Контроль
5	Горизонтальное	Лента покрывает 3/4 внешнего кольца	0,09 	Контроль
6	Горизонтальное	Три точки	0,17 	Контроль

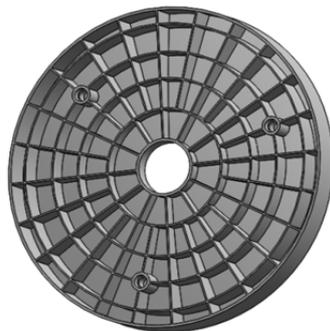


Рис. 1. Радиально-кольцевая структура облегчения зеркала: толщина чаши – 8 мм; толщина внутренних колец и ребер – 6 мм; толщина внешних колец – 10 мм; толщина зеркала по краю – 120 мм; отношение толщины зеркала по краю к диаметру – 1:10; материал – SiC; масса – 69,4 кг (облегчение 77% от монолитной конфигурации зеркала)

Таблица 2. Механические свойства SiC

Свойство	Значение
Модуль упругости	$2,8 \cdot 10^{11}$ Н/м ²
Коэффициент Пуассона	0,14
Плотность	3 000 кг/м ³
Предел прочности при растяжении	$3,5 \cdot 10^8$ Н/м ²
Предел прочности при сжатии	$2,5 \cdot 10^9$ Н/м ²

В качестве среды проведения исследований был выбран программный пакет твердотельного моделирования SolidWorks. Исследование и оптимизация построенных моделей проводилась методом конечных элементов (МКЭ) при помощи модуля SolidWorks Simulation.

Расчетные прогибы, приведенные выше, лежат в зоне допустимых напряжений. Расчетные показатели напряжений при всех видах базирования не превышают 10^5 Н/м², тогда как предел прочности при растяжении 10^8 Н/м².

В этом же расчете было учтено действие сил при старте, равное 10g. Напряжения при этом составили $4,8 \cdot 10^6$ Н/м². Таким образом, при увеличенных нагрузках возникающее напряжение на два порядка меньше допустимого.

Самым простым решением снижения массы зеркала является уменьшение его толщины по краю при сохранении радиально-кольцевой структуры облегчения. Ограничением уменьшения толщины является размер стрелки сферической поверхности. Таким образом, толщина зеркала по краю становится равной 75 мм, при этом масса зеркала составляет 46,8 кг (в сравнении с массой исходной конструкции – 69,4 кг).

В табл. 3 приводится сравнение деформаций отражательных поверхностей зеркал исходной и уменьшенной структур облегчения.

Таблица 3. Сравнение кольцевой структуры с реберно-кольцевой в случаях исходной и уменьшенной толщины зеркала

	Исходная	Исходная без ребер	Уменьшенной толщины от исходной	Уменьшенной толщины без ребер
Масса, кг	69,46	56,49	47,33	41,67
На тыльную сторону, мкм	0,0051	0,01039	0,0032	0,00842
На три точки, ось вертикальна, мкм	0,957	3,09	2,751	3,924
На три точки, ось горизонтальна, мкм	0,170	0,401	0,124	0,2097
На ленту, мкм	0,374	2,184	0,378	0,7388

Табл. 3 показывает, что при опоре на тыльную сторону исходной и уменьшенной структуры облегчения величины прогибов отражательной поверхности не меняются при значительном снижении массы (на 20 кг).

Роль радиальных ребер при опоре на тыльную сторону остается неясной. Удаление ребер в структуре облегчения меняет картину прогибов, преобразовав ее в набор кольцевых зон, прогибы в которых явно зависят от расстояния между опорными кольцами. Удаление ребер также уменьшает массу исходной заготовки на 13 кг. Еще одним положительным свойством конструкции без ребер является сохранение цилиндричности.

Если создать единичное сечение, моделирующее чашу зеркала и кольца, где элемент кольца представляет собой вертикальную стойку, а чаша – горизонтальную полку тавра, то возможно провести исследование зависимости прогибов концов тавра от длины и толщины горизонтальной полки. При заданном допустимом прогибе 0,01 мкм на краях тавра под равными нагружающими усилиями от собственного веса, был рассчитан оптимальный размер горизонтальной полки для той же толщины полки, что и в исходной заготовке. Он составляет 80 мм. Последовательное присоединение к такому тавру подобных ему образует кольцеобразную картину зон прогибов. При этом кольца отстоят друг от друга на расстоянии в длину размера полки – 80 мм. Расчет показывает, что при таком подходе прогибы кольцевых зон отражательной поверхности чаши зеркала одинаковы, равномерны и составляют 0,005 мкм. Таким образом, равномерное расположение опорных колец дает меньшие прогибы по сравнению с неравномерным у исходной конструкции (0,008 из табл. 3).

Результаты, представленные на рис. 2, показывают прогибы (ось ординат) и массы (ось абсцисс) зеркал при разных толщинах чаши и расстоянии между опорными кольцами. Разные кривые построены по значениям массы и прогибов и представляют собой разные промежутки между опорными кольцами структуры облегчения. А точки на этих кривых обозначают толщину чаши. Наименьшие значения прогибов и масс зеркал оказываются вблизи начала координат графика.

Из набора вариантов заготовок зеркал, представленных на графике, можно выбрать конструкцию с определенными параметрами (масса, определяемая расстоянием между кольцами и толщиной чаши, прогибы отражательной поверхности).

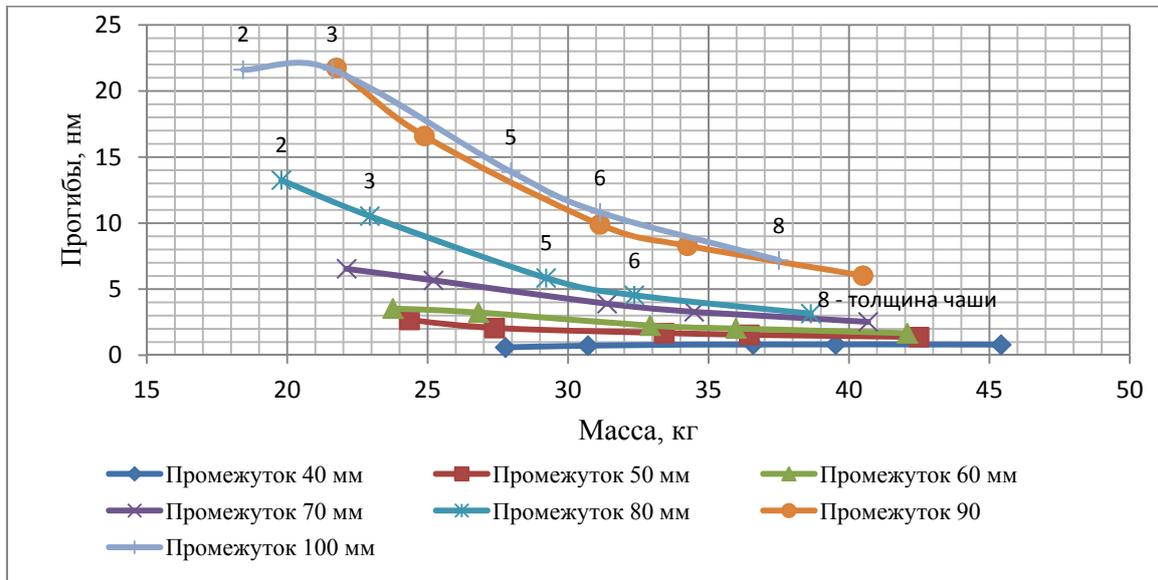


Рис. 2. График значения прогибов межкольцевых зон и масс зеркал при разных толщинах чаши (от 2 до 8 мм слева направо вдоль каждой линии) и промежутках между кольцами (от 40 до 100 мм) при опоре на тыльную сторону

Самая легкая конструкция с наибольшим расстоянием между кольцами и наименьшей толщиной зеркальной поверхности обладает массой 18,5 кг и прогибами при опоре на тыльную сторону 0,02 мкм, что является допустимым. Но опора на три точки такой конструкции дает максимальный прогиб оптической поверхности в 5 раз больший, чем у исходной конструкции массой 69,4 кг. Для уменьшения прогибов при опоре на три точки было проведено исследование влияния добавления пластины на тыльной стороне структуры толщиной 5 мм (закрытая структура облегчения типа «сэндвич»). Это значительно ужесточило конструкцию зеркала: минимальные прогибы при опоре на три точки с параметрами облегчения, описанными выше, составляют 1,4 мкм. Но при этом масса увеличилась до 37,2 кг.

Далее для эксперимента была рассмотрена чисто реберная конструкция с количеством ребер 36 штук. Масса такой детали составляет 36,5 кг. Структура дает прогибы 9 мкм при опоре на три точки, что в 6 раз больше, чем в конструкции «сэндвич». При опоре на тыльную сторону прогиб составляет 0,006 мкм, что меньше, чем при опоре «сэндвича» на тыльную сторону в 5 раз. Добавляя внешнее и внутреннее кольца, получаем деталь массой 41 кг с прогибами 0,004 мкм и 4 мкм при опоре на тыльную сторону и три точки соответственно.

Анализ описанных выше конструкций облегчения приводит к выводу о том, что наличие структуры облегчения утяжеляет зеркало. Иначе говоря, всякая структура является обременением чаши зеркала и решает только технологическую задачу получения отражательной поверхности в условиях гравитационного поля. Эксплуатация же зеркала на орбите в условиях невесомости требует только сохранения качества зеркальной поверхности.

Значительная жесткость SiC по отношению к церодуру и ситаллу (в 4 раза), позволила произвести расчет деформаций самой чаши, с опорой на внешний обод. При изменении толщины чаши от 2 мм до 10 мм кривая прогибов всей поверхности зеркала составляет от 0,5 мкм до 0,6 мкм. Значение массы таких чаш составляет от 7 кг до 35 кг. Таким образом, зеркало можно устанавливать в прибор с опорой на внешний обод и иметь прогибы отрагательной поверхности меньше почти в 2 раза, чем при опоре на 3 точки самой удачной конструкции с радиально-кольцевым облегчением (исходной).

При этом напряжения в теле чаши, наиболее удаленной от опорной площадки зеркала, составляют 10^5 Н/м². При нагрузках 10g (стартовые нагрузки) прогибы достигают 1 мкм, а напряжения – 10^6 Н/м².

Доминирующими напряжениями в зеркальной поверхности чаши в этом положении являются сжимающие, величина предела $2,5 \cdot 10^9$ Н/м² которых больше, чем напряжений растяжения.

В настоящей работе были найдены такие способы облегчения, при которых для существующей технологии изготовления зеркал можно подобрать более выгодную структуру тыльной стороны зеркала, чем предложенная исходная. Опора на три точки во всех случаях облегчения приводит к большим значениям прогибов отрагательной поверхности. Это приводит к нарушению формы волнового фронта, и, в свою очередь, качества изображения, как на позиции контроля, так и в приборе. Это вызывает необходимость добавления дополнительных разгружающих устройств либо способов, компенсирующих естественные деформации зеркала. Расчет показывает возможность радикального уменьшения массы крупных зеркал орбитальных телескопов путем изготовления их из реактивно-спеченного SiC в форме самонесущей чаши. Толщина чаши определяется свойствами материала, технологией изготовления и конструкцией телескопа. Практическое подтверждение этой возможности будет полезно и при построении составных многозеркальных наземных телескопов [3].

Литература

1. Любарский С.В., Химич Ю.П. Оптические зеркала из нетрадиционных материалов // Оптический журнал. – 1994. – № 1. – С. 76–83.
2. Маламед Е.Р. Конструирование оптических приборов космического базирования. Учебное пособие. – СПб.: СПб ГИТМО (ТУ), 2002. – 291 с.
3. Abdula P.A., Neutov M.Y., Tolstoba N.D. Simulation and analysis of lightweight space mirror design // Proc. SPIE. – 2015. – V. 9526. – P. 95261N.

УДК 004.934

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

В.С. Быков¹

Научный руководитель – к.т.н., ассистент П.В. Балакшин¹

¹Университет ИТМО

Работа посвящена исследованию современных систем распознавания речи. Сравнение систем проведено по полученным показателям критериев сравнения. Составлены рекомендации для выбранных областей применения. Результаты исследования сведены в таблицы. С помощью данной информации пользователи и разработчики могут выбрать по заданным требованиям системы распознавания речи для интересующих их областей применения.

Ключевые слова: системы распознавания речи, области применения, открытый исходный код, критерии, метрики, тестирование, экспериментальные оценки.

Речь является основным средством коммуникации между людьми. Поскольку во всех сферах деятельности идет активное использование вычислительной техники для улучшения качества и упрощения работы, то становится очевидным, что с помощью

средств вычислительной техники, именуемыми как системы распознавания речи, пользователи могут взаимодействовать с компьютером на естественном для себя языке. Существует множество областей применения таких систем, где речевой вид связи является более актуальным, чем другие способы взаимодействия. В связи с этим была поставлена и решена задача провести сравнение существующих систем распознавания речи на основе некоторых внутренних параметров и экспериментальных оценок, соответствующих требованиям заданных областей применения [1, С. 82].

Цель работы – определение областей применения существующих систем распознавания речи, критериев их эффективности, полученных на основе экспериментальных оценок.

Для исследования были взяты системы распознавания речи как с закрытым, так и с открытым исходным кодом: Siri, Google Now, Yandex SpeechKit, Dragon Naturally Speaking, Voice attack, VoxCommando, Simon, Kaldi, CMU Sphinx, Julius, НТК. Системы распознавания речи нашли применение во многих областях. Рассмотрены следующие области применения: голосовой поиск, идентификация и верификация по голосу, диктовка текста, голосовое управление, синхронный перевод, стенография в медицине, работа колл-центров [2].

Были определены критерии сравнения: точность распознавания, скорость распознавания, стоимость программного обеспечения, поддержка языков в системах распознавания речи, наличие бесплатных пробных версий, поддержка распознавания слитной речи, обучаемость, размер словаря, открытый исходный код, простота установки и настройки систем.

Для сравнения исследуемых систем по точности распознавания речи было проведено тестирование для получения экспериментальных оценок WER (Word Error Rate) [3]. WER может быть посчитан согласно формуле (1)

$$WER = \frac{S+D+I}{T}, \quad (1)$$

где S – число операций ручной замены для преобразования первой строки во вторую; D – удаления; I – вставки; T – число слов в распознаваемой фразе.

Тестирование систем с открытым исходным кодом проводилось на корпусе VerMobil 1. Обучение составляет 30,5 ч, 12590 выражений. Отладка занимала 1,6 ч и 630 выражений, тесты проходили 1,5 ч на 631 выражении [4, С. 10]. Тестирование проводилось на английском языке, результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Экспериментальные оценки систем распознавания речи

Система	WER
Kaldi	12,7%±0,24
НТК	22,9%±0,29
CMU Sphinx	24,9%±0,39
Julius	27,2%±0,38
Simon	29,3%±0,27

Для тестирования проприетарных систем было составлено по 100 запросов на русском и английском языках. Тестирование проводилось с разным уровнем шума. Для него были взяты популярные современные системы такие, как Siri, Yandex, Google, Dragon Naturally Speaking. В ходе исследования обычных шумов было решено, что их спектр достаточно близок к спектру белого шума. Например, шум ветра, шум в метро. Было решено использовать в качестве шума аудиозапись белого шума. Результаты сведены в табл. 2 (английский язык) и табл. 3 (русский язык). Согласно полученным экспериментальным оценкам были посчитаны доверительные интервалы [5].

Таблица 2. Экспериментальные оценки проприетарных систем

Уровень шума	Система		
	Google	Siri	Dragon
	WER	WER	WER
37 dB	4,8%±4,06	11,9%±5,62	12,5%±5,92
45 dB	6,7%±6,47	12,1%±10,51	16,9%±9,97
65 dB	7,9%±7,18	13%±10,23	25,5%±14,25
74dB	8,1%±7,46	18,4%±13,97	42,9%±10,18

Лучшей системой распознавания английской речи является Google. Согласно полученным экспериментальным данным, на четырех уровнях шума установлена прямо пропорциональная зависимость результатов WER от уровня шума. Чем выше уровень шумов, тем больше процент неверно распознанных слов. Данный вывод подтверждается рис. 1.

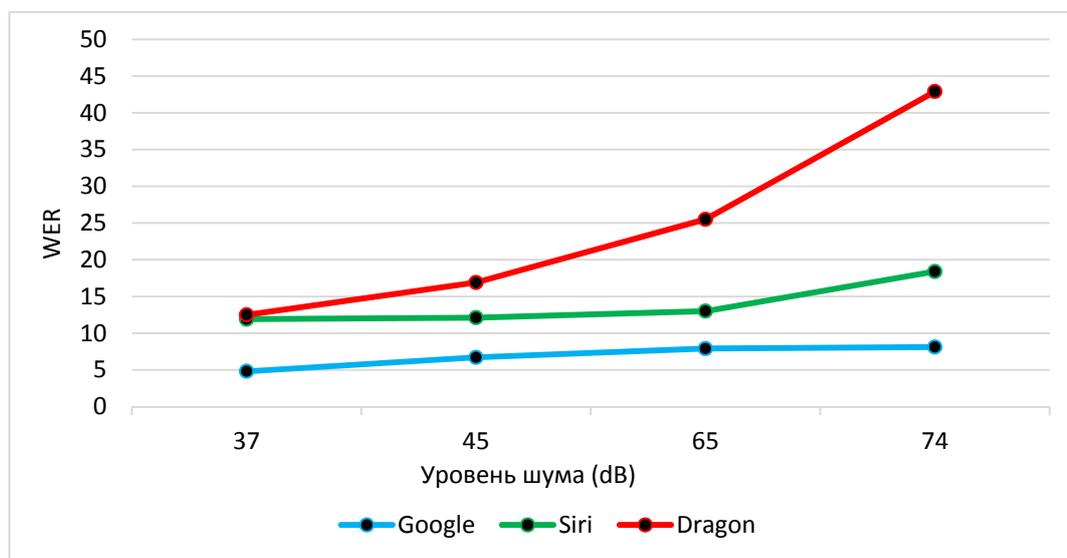


Рис. 1. Зависимость WER от уровня шума

По результатам тестирования проприетарных систем на русском языке, лучшие показатели у Siri, что подтверждает табл. 3.

Таблица 3. Экспериментальные оценки проприетарных систем

Уровень шума	Система			
	Yandex	Google	Siri	Dragon
	WER	WER	WER	WER
37 дБ	5,1%±4,94	5,7%±4,8	2,9%±2,18	6,9%±6,39
45 дБ	5,2%±4,9	8,3%±7,25	4,1%±3,9	13,2%±12,79
65 дБ	8%±6,12	9,4%±9,24	4,6%±3,86	15,6%±14,57
74 дБ	15,7%±8,34	11,5%±10,5	11%±9,64	16,7%±12,6

Вторым главным критерием сравнения является скорость распознавания. Она находится с помощью метрики RT (Real Time). Показатель реального времени считается по формуле (2)

$$RT = \frac{T_{\text{обр.}}}{T}, \quad (2)$$

где $T_{\text{обр}}$ – общее время обработки аудиосигнала; T – длительность.

В ходе исследования систем с открытым исходным кодом были получены следующие результаты (табл. 4).

Таблица 4. Экспериментальные оценки скорости распознавания

Система	RT (Real time)
Kaldi	0,7±0,02
HTK	1,8±0,02
Simon	1,2±0,03
CMU Sphinx	1,1±0,02
Julius	2,1±0,02

Kaldi способна обрабатывать запросы в реальном времени, так как обладает показателем RT меньше 1.

Для исследуемых проприетарных систем показатель RT меньше 1, данные системы обрабатывают поставленные перед ними задачи в реальном времени. Такие цифры достигаются за счет обработки запросов на сервере. Также на скорость распознавания данных влияет скорость интернет-соединения. В тот момент, когда человек начинает произносить свой запрос, его речь передается на сервер, и к тому моменту, как фраза будет закончена, результат распознавания будет предоставлен. Данные системы требуют подключения к Интернету. Как и с точностью распознавания речи системы с открытым исходным кодом уступают проприетарным.

В табл. 5 и 6 представлены критерии сравнения, не требующие проведения тестирования.

Таблица 5. Сравнение систем с открытым исходным кодом по критериям

Система	Стоимость	Язык	Слитная речь	Обучаемость
Kaldi	Бесплатно	Английский	Присутствует	+
HTK	Бесплатно	Английский	Присутствует	+
CMU Sphinx	Бесплатно	Множество	Присутствует	+
Julius	Бесплатно	Японский, Английский	Присутствует	+
Simon	Бесплатно	Множество	Присутствует	+

Таблица 6. Сравнение проприетарных систем по критериям

Система	Стоимость	Поддержка языков	Пробная версия	Слитная речь
Google	Бесплатно	Множество (72)	Не требуется	+
Siri	Бесплатно	Множество (36)	Не требуется	+
Dragon	150\$, 200\$, 400\$	Множество (40)	Отсутствует	+
Yandex	Зависит от числа запросов	Русский, Турецкий, Украинский	1 месяц	+
VoxCommando	10\$, 40\$	Английский, Французский, Испанский, Немецкий, Японский, Китайский	Присутствует	+
Voice attack	10\$	Английский, Французский, Испанский, Немецкий, Японский, Китайский	Присутствует	+

Требуется проанализировать результаты и составить список рекомендуемых систем для определенных ранее областей применения.

Согласно результатам проведенного исследования рекомендуемыми системами распознавания речи для голосового поиска на английском языке являются Google и Siri. Также Siri – лидер по распознаванию русской речи.

Идентификация и верификация по голосу требует показатель точности распознавания речи, близкий к идеалу. Разработчики программного обеспечения должны иметь возможность изменять исходный код. В целях безопасности словарь должен располагаться на локальной машине. Kaldi является лучшей по всем показателям среди систем с открытым исходным кодом: WER=12,7% с возможностью обработки запросов в реальном времени. Sphinx является вторым рекомендуемым программным обеспечением для написания программ в данной области.

Для диктовки текста главными критериями являются скорость и точность распознавания, а также поддержка языков. В ходе исследования было определено, что проприетарные системы по скорости обработки обладают показателем распознавания речи в реальном времени. Следовательно, Google подходит для диктовки на английском языке. Как для русского – лучшей является Siri.

Согласно требованиям к голосовому управлению были сформированы следующие рекомендации. Для пользователей устройств под управление iOS рекомендуется система Siri. Для обладателей Android подходит Google. Для написания программ для русской речи лучше использовать API от Yandex. Также для управления устройствами на базе Microsoft рекомендуется пользоваться VoxCommando.

Для синхронного перевода главным критерием является скорость распознавания речи. Согласно полученным результатам лучшая система для перевода с русского языка – это Yandex. Обработка запросов в реальном времени и показатель WER=5,1%. С английского языка лидером является Google.

Главным критерием стенографии в медицине является точность распознавания. Система должна быть обучаемой и иметь малую стоимость. Для данных задач отлично подходит Kaldi и НТК.

Главными критериями распознавания речи в работе колл-центров являются размер словаря, скорость и точность распознавания, стоимость [6, С. 75]. Согласно проведенному исследованию Kaldi является лидером. Имеет лучшие результаты тестов из исследуемых систем с открытым исходным кодом, а также является бесплатной. Sphinx тоже справляется с поставленными задачами.

По результатам были сформированы табл. 7 и 8, обладающие систематической информацией, сведенной воедино. С помощью данной информации пользователи и разработчики могут выбрать по заданным требованиям системы распознавания речи для интересующих их областей применения.

Таблица 7. Связь областей применения и подходящих систем (для пользователей)

Область применения	Система (английский язык)	Система (русский язык)
Голосовой поиск	Google, Siri	Siri, Yandex
Диктовка текста	Google, Dragon Naturally Speaking	Siri, Yandex
Голосовое управление	Siri, Google, VoxCommando	Siri, Yandex
Синхронный перевод	Google, Yandex	Yandex, Google

Таблица 8. Связь областей применения и подходящих систем (для разработчиков)

Область применения	Система (для английского языка)
Голосовой поиск	Google (API)
Идентификация / Верификация	Kaldi, CMU Sphinx

Область применения	Система (для английского языка)
Диктовка текста	Kaldi, Google (API)
Голосовое управление	Simon
Синхронный перевод	Kaldi, Google (API)
Стенография в медицине	Kaldi, НТК
Работа колл-центров	Kaldi, CMU Sphinx, Google (API)

В процессе работы получены численные метрики указанных систем распознавания речи. На основе данных метрик и выбранных критериев эффективности был произведен сравнительный анализ, определяющий соответствие систем распознавания речи выбранным областям применения.

Литература

1. Балакшин П.В. Алгоритмические и программные средства распознавания речи на основе скрытых марковских моделей для телефонных служб поддержки клиентов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.11. – СПб.: Университет ИТМО, 2014. – 127 с.
2. Самообслуживание клиентов с помощью googleASR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/188382/>, своб.
3. Карпов А.А., Кипятков И.С. Методология оценивания работы систем автоматического распознавания речи // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – № 11. – С. 38–43.
4. Gaida S. et al. Comparing open-source speech recognition toolkits [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://suendermann.com/su/pdf/oasis2014.pdf>, своб.
5. Доверительный интервал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sernam.ru/book_tp.php?id=75, своб.
6. Балакшин П.В., Петров Г.Ю. Некоторые аспекты исследования систем распознавания речи в телефонных службах поддержки // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 1 (77). – С. 71–76.

УДК 001.895

ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Е.В. Быкова¹

Научный руководитель – д.э.н., профессор А.А. Голубев¹

¹Университет ИТМО

На сегодняшний день уровень развития страны зависит от степени применения и внедрения инноваций. В работе проанализированы показатели инновационной активности предприятий Российской Федерации за последние годы, выделены инновационно-активные и отстающие регионы России. Также выявлены проблемы, существующие на текущий момент, сдерживающие внедрение инноваций. В результате проведенного анализа можно сделать вывод об общем росте инновационной активности.

Ключевые слова: инновации, инновационная деятельность, инновационная активность, инновационные товары.

На сегодняшний день развитие инноваций является важной задачей государственного уровня. Уровень развития страны оценивается и по степени применения и внедрения инноваций, делая страну конкурентоспособной на внешнем рынке, определяя структуру экономики. Успех предпринимательской деятельности в рыночной экономике, в особенности России на ее этапе развития, напрямую определяется реализацией инноваций. Инновации становятся результатом инновационной деятельности предприятий. Необходимо учитывать, что инновации

вливают не только на результаты бизнеса и на эффективность работы компаний. Использование достижений общественных наук, например, социальные или политические инновации, оказывают влияние на развитие всего общества в целом. Для оценки текущего состояния экономики Российской Федерации (РФ), для осуществления прогноза, для возможности разработки долгосрочной стратегии развития науки и технологий необходимо проанализировать показатели инновационной деятельности за предыдущие годы и выявить сдерживающие факторы [1].

Целью работы являлся анализ инновационной активности предприятий РФ за последние годы, выделение инновационно-активных и отстающих регионов России, выявление проблем, существующих на текущий момент, сдерживающие внедрение инноваций, а тем самым развитие как отдельных предприятий, так и всего государства в целом.

Под инновационной деятельностью следует понимать различные виды работ по созданию новшеств, в состав которых входят исследования поисково-прикладного характера, проектно-конструкторские и технологические разработки, опытно-экспериментальные и производственно-эксплуатационные работы.

Понятие инновационной деятельности тесно связано с понятием инновационной активности. Уровень инновационной активности организации определяется как отношение числа организаций, осуществляющих технологические, организационные или маркетинговые инновации, к общему числу обследованных за определенный период времени организаций в стране, отрасли, регионе [1].

Анализируя данные Федеральной службы государственной статистики, получаем следующие промежуточные итоги:

1. инновационная активность к 2014 году по сравнению с 2010 годом повышается за счет увеличения удельного веса организаций, осуществляющих технологические инновации;
2. существует тенденция к увеличению инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, работ, услуг [2].

Рейтинг инновационной активности регионов составляет Национальная ассоциация инноваций и развития технологий. Целью данного рейтинга является определение регионов, демонстрирующих лучшие показатели в области стимулирования науки и инновационной сферы, а также получения объективной картины текущего состояния сферы инноваций в России.

Самыми инновационно-активными регионами являются: Приволжский федеральный округ, Северо-Западный и Центральный федеральные округа. Отстающим регионом считается Северо-Кавказский федеральный округ. Несмотря на то, что в последние годы в данном регионе наблюдается тенденция наращивания темпов роста промышленного производства, инновационная активность предприятий все равно низка. Даже при наличии федеральной поддержки предприятия данного региона предпочитают не использовать в производстве передовые технологии. Число технологических инноваций в Северо-Кавказском регионе отстает от среднего показателя в других регионах, так как направленность региона больше аграрная, нежели, чем индустриальная. На текущий момент в регионе появляется все больше малых и средних предприятий, которые и являются двигателями инновационного прогресса. Основная политика государственных органов региона должна учесть этот фактор и ввести льготы для открытия и существования малых и средних форм предпринимательства. До 2025 года разработана стратегия социально-экономического развития Северо-Кавказского федерального округа, в котором указано, что данный регион является благоприятным для агропромышленного комплекса, туризма, санаторно-курортной сферы, электроэнергетики, добывающих и обрабатывающих секторов промышленности и развитие транзитных функций. Но на сегодняшний день этот регион не обладает

достаточной инвестиционной привлекательностью, так как экономическая и социально-политическая ситуация нестабильна. Некоторые субъекты, входящие в состав Северо-Кавказского федерального округа, являются наименее экономическими развитыми из-за низкого уровня развития экономики и социальной сферы, характеризуются высоким уровнем безработицы, сложной криминогенной обстановкой и напряженной этнополитической ситуацией. Политика государства направлена на изменение данной ситуации, на преобразование существующей политики стабилизации к политике роста, финансирование в экономику региона, поэтому в ближайшем будущем может наблюдаться тенденция смены инновационной активности регионов и повышение инновационной активности Северо-Кавказского федерального округа.

Как и в предыдущие годы, Москва относится к лидерам инновационной деятельности. В 2014 году Санкт-Петербург спустился на позицию, и считается городом с высокой инновационной активностью. Его место занял Татарстан. Если Москва с Санкт-Петербургом остаются самыми инновационно-активными и развитыми городами уже долгое время и занимают по версии агентства 2thinknow на 2016 год 45 и 48 место соответственно в рейтинге самых инновационных городов мира, то Татарстан оказался на вершине данного рейтинга совсем недавно, в связи с тем, что в нем был с нуля построен город «Иннополис», созданный для развития IT-технологий и инновационных высоких технологий. Также создание беспилотного транспортного средства на базе КАМАЗ позволили региону стать инновационным лидером [3].

В результате проведенного анализа можно сделать вывод об общем росте инновационной активности.

Во-первых, причиной повышения активности является программа импортозамещения. Подтверждением данного вывода является увеличение числа новых старпапов на 13%, технологий на 8%, полученных патентов на 5%.

Во-вторых, появление таких разработок и производств в кардинально новых областях, таких как робототехника, системы искусственного интеллекта, нанотехнологии, биотехнологии, очень важно для России, потому что является двигателем прогресса и развития инноваций.

В-третьих, важным фактором увеличения инновационной активности следует считать вхождение в рейтинг новых регионов России Севастополя и республики Крым – они вошли в ТОП 30 инновационно-активных регионов России. Политика государства направлена на активное развитие этих регионов с упором на инновационную деятельность. В Севастополе сформирован приборостроительный кластер, основная задача которого стимулировать инновационные компании региона к созданию конкурентоспособной продукции как для внутреннего рынка, так и для внешнего. В Симферополе создается инновационный кластер, включающий в себя инновационные предприятия в сфере строительных материалов, энергетики. Государством разработана дорожная карта развития региона, утвержден проект Государственной программы по экономическому развитию и инновационной экономике до 2017 года [4].

Но по сравнению с другими развитыми странами у России наблюдается большое отставание в инновационной сфере, что определено некоторыми причинами и проблемами.

Первая группа проблем – это сырьевая зависимость. На сегодняшний момент экономика России в большей степени основана на добыче и экспорте нефти и газа. Для того чтобы обеспечивать постоянное и устойчивое развитие, стабилизацию экономики, необходимо модернизировать ее и уйти от сырьевой зависимости. Модернизация предполагает использование современных технологий, научных достижений и разработок. Для обеспечения развития нужно повсеместно внедрять инновации во все сферы экономики. Большинство индустриально развитых стран определяет и связывает свой долгосрочный стабильный экономический рост и достижение такого уровня

экономики именно с переходом к инновационному пути развития, что необходимо сделать и России. Именно поэтому изменение экономики в сторону ее инновационного развития – одна из основных задач современного развитого государства.

Вторая группа проблем, которая является одной из основных – это административные проблемы. К данной группе относятся проблемы, касающиеся предоставления льгот, коррупционной составляющей нормативно-правовых сторон. В РФ на сегодняшний день не разработана правовая база, которая решала бы вопросы, касающиеся разработки и внедрения инноваций. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» определяет первоначальные принципы государственной поддержки инновационной деятельности, согласно которым государство оказывает поддержку инновационной деятельности в целях модернизации российской экономики, обеспечения конкурентоспособности отечественных товаров, работ и услуг на российском и мировом рынках, улучшения качества жизни населения. Для управления инновационной деятельностью служит Федеральный Закон «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации». Но отсутствие единообразия в регулировании инновационной деятельности порождает проблемы, связанные с контролем со стороны государства. Существует проект Федерального закона «Об инновационной деятельности в Российской Федерации», но до сих пор данный закон не вступил в силу и был отклонен.

Правительство уделяет незначительное внимание практическому применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, которые финансируются из федерального бюджета. В инновационных затратах предприятий часть бюджетных средств составляет не более 5%. Следующей проблемой, относящейся к административным, является недостаточное количество льгот для компаний, осуществляющих инновационную деятельность – льготные ставки по кредитованию, система налогообложения. Этот фактор отрицательно сказывается как на научно-техническом прогрессе, так и на увеличении экономической активности. В результате при внушительном научном потенциале инновационная деятельность отмечается слабыми показателями инновационной активности. Проблема коррупции является важной в целом для всей страны, включая и инновационную деятельность. В качестве решения данной проблемы необходимо вести активную борьбу с коррупцией на всех уровнях и осуществлять контроль средств бюджета. Примером может послужить высокоразвитая страна Сингапур с высоким уровнем инновационного развития, которая смогла избавиться от коррупции в своей стране.

Следующей группой проблем являются проблемы инновационной инфраструктуры. Инновационная инфраструктура – это объединение взаимосвязанных структур, которые обслуживают и обеспечивают развитие инновационной деятельности. Основными составляющими являются: бизнес-инкубатор, технопарк, наукоград, технополис и другие. В России наибольшее распространение получили технопарки и бизнес-инкубаторы. Технопарк – комплекс субъектов хозяйствования научно-технической направленности, включая высшие учебные заведения (базовые элементы), малые инновационные предприятия, а также информационную составляющую в виде выставочных, сервисных и консалтинговых организаций, общей задачей которых является разработка законченных инновационных продуктов и их продвижение в производственную сферу. Технопарки представляют собой «зонтичную структуру» и создаются с целью создания благоприятных условий функционирования и взаимодействия всех участников инновационного процесса. Главным участником является автор инновационной идеи, который может быть и физическим лицом, и малым предприятием, и малым научным коллективом. Бизнес-инкубатор – представляют собой форму интеграции предприятий и организаций различных

отраслей с целью получения инновационного продукта с наивысшими коммерческими характеристиками. Данные образования формируются не на основе научных организаций в отличие от технопарков.

Государство в течение последних лет пытается активно развивать данные формы организации инновационной деятельности в сторону создания инфраструктуры для развития и внедрения инноваций. Из последних масштабных проектов в России реализован технополис «Иннополис» в Татарстане, направленный на развитие IT-отрасли, «Сколково», в котором активно будут развиваться приоритетные отрасли, такие как телекоммуникации, космос, биомедицина, энергоэффективность, информационные технологии и ядерные технологии, технопарк в Новосибирском академгородке, Научно-технологический парк Нижегородского государственного технического университета, технопарк «Строгино», наукоград Сосновый Бор, наукоград Обнинск, инновационный центр Кольцо и другие. Но каждый из этих проектов не достигает уровня зарубежных технопарков и технополисов, более того, они ориентированы на перспективу, а чтобы достичь большого их развития, необходимы большие финансовые вложения и достаточно большое количество времени. «Сколково» стремится достичь уровня «Кремниевой долины» – самой успешного и крупнейшего в мире технопарка, который располагается в штате Калифорния в США. Но стоит заметить, что и «Кремниевая долина» достигла своего уровня только спустя шестьдесят лет после образования.

Еще одной очень важной проблемой, которая встает на пути развития инноваций, является изношенность основных средств предприятий России (колеблется на разном уровне по отраслям и регионам и достигает около 80%). Данное положение оказывает отрицательное влияние на развитие процесса модернизации и освоение предприятиями инноваций, поскольку складывается ситуация, когда при высоком уровне изношенности фондов предприятия внедрить какую-либо новую технологию оказывается довольно сложно. Новое оборудование, новая производственная система просто не могут быть объединены с остальной цепочкой по различным техническим причинам. Получается ситуация, когда внедрение отдельной продуктовой инновации приводит к обновлению основной части производственного комплекса. В установившихся экономических условиях России большинство предприятий не могут найти на это денежных средств и отказываются от преобразований или откладывают до того момента, когда это будет для них реально осуществимо.

Подводя итоги, можно сказать, что за последние годы происходит увеличение инновационной активности в РФ, что положительно сказывается на уровне развития страны, так как именно внедрение и развитие инноваций позволяет стране держаться на конкурентоспособном уровне. Государство должно еще больше поддерживать данную сферу путем создания льгот, финансирования, вести непрерывный контроль инновационной деятельности и пытаться бороться с образовавшимися на данный момент сдерживающими факторами для еще больше увеличения инновационного потенциала [4].

Литература

1. Голубев А.А. Экономика и управление инновационной деятельностью: учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2012. – 119 с.
2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>, своб.
3. Национальная ассоциация инноваций и развития инновационных технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nair-it.ru/>, своб.
4. Индикаторы инновационной деятельности: 2015: статистический сборник. – М.: НИУ ВШЭ, 2015. – 320 с.

УДК 51-74

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**А.П. Вареникова¹****Научный руководитель – д.т.н., профессор С.А. Арустамов¹**¹Университет ИТМО

В работе рассмотрены проблемы планирования расходов денежных средств образовательного учреждения в рамках проектной деятельности. Изучена задача формирования резерва для выплаты отпускных участникам проекта: построена математическая модель, сформулированы основные подзадачи, представлены численные и аналитические методы решения.

Ключевые слова: математическое моделирование, прогнозирование, заработная плата.

Современный университет участвует в большом количестве проектов: гранты, программы развития вуза, хозяйственные договоры. Зачастую участие в проектах требует особой системы планирования и отчетности, при этом важную роль играют финансовые показатели. На этапе проектирования необходимо оценить стоимость работ, на этапе выполнения проекта – контролировать отклонение фактических показателей от плановых значений. В этих условиях возникает проблема прогнозирования финансовых показателей.

В литературе по управлению проектами большое внимание уделяется вероятностным моделям расходования денежных средств [1, 2], для прогнозирования стоимости работ и структуры бюджета используются методы декомпозиции работ, динамические модели проектной деятельности [3]. Перечисленные методы являются в достаточной мере универсальными, однако в них не учитываются особенности образовательного учреждения.

Анализ структуры расходования денежных средств ведущих российских университетов (участников Программы повышения конкурентоспособности) позволяет предположить, что основными направлениями расходования средств в рамках проектной деятельности являются заработная плата, приобретение материалов, оборудования и оплата услуг. При этом выполняемые работы носят высококвалифицированный и интеллектуальный характер, что делает основным направлением расходов заработную плату. Появляются финансовые риски и неопределенности в связи с отпусками и увольнениями сотрудников. Возникает задача прогнозирования суммы расходов на выплату заработной платы, отпускных и денежной компенсации за неиспользованный отпуск.

Задача прогнозирования. Среди задач прогнозирования объема выплат отпускных можно выделить следующие подзадачи:

1. расчет максимальной суммы, которая может потребоваться для выплаты отпускных;
2. получение суммы расходов на основании графика отпусков;
3. расчет объема резерва по методике, предложенной Министерством финансов Российской Федерации;
4. вычисление наиболее вероятной суммы резерва, которая потребуется для выплаты отпускных.

При этом в прогнозируемом периоде может быть запланирована выплата заработной платы. В этом случае при оформлении сотрудником отпуска возникает экономия, которую также требуется оценить для принятия соответствующего управленческого решения.

Математическая модель расходования денежных средств. Рассмотрим задачу расчета суммы отпускных при условии, что выплата заработной платы в

прогнозируемом периоде не планируется. Будем считать, что к моменту составления прогноза сотрудник в течение предыдущих 12 месяцев проработал некоторое количество дней и получил заработную плату в соответствующем периоде. В этом случае при расчете среднего заработка используются полные календарные месяцы [4].

Введем обозначение T_i – последовательные моменты времени, совпадающие с началом календарного месяца, $i = -12, \dots, 12$. Пусть T_0 – момент расчета резерва. Тогда T_i для $i < 0$ – предыдущие моменты, для $i > 0$ – будущие моменты времени.

Сотрудник в течение года может совершить следующие действия:

1. подать заявление на ежегодный оплачиваемый отпуск;
2. оформить отпуск без сохранения заработной платы на произвольное количество дней;
3. подать заявление на денежную компенсацию неиспользованного отпуска в количестве дней, не превышающем накопленное число;
4. уволиться в любой момент времени, что повлечет за собой выплату компенсации за весь неиспользованный отпуск.

Случай, когда сотрудник берет отпуск с последующим увольнением, при расчете отпускных аналогичен ситуации п. 4, поэтому отдельно в работе не рассматривается. Увольнение сотрудника будем рассматривать как получение денежной компенсации за весь неиспользованный отпуск.

Поскольку расчетный период для начисления отпускных составляет 12 месяцев, то при составлении прогноза необходимо рассматривать период $[T_0; T_{12})$, а для расчета среднего заработка – интервал $[T_{-12}; T_0)$. Для i -го месяца, т.е. периода $[T_i; T_{i+1})$, введем следующие обозначения:

- s_i – сумма заработной платы, $i = -12, \dots, -1$;
- w_i – количество календарных дней, $i = -12, \dots, 10$;
- h_i – количество дней оплачиваемого отпуска, $i = 0, \dots, 11$;
- u_i – количество дней неиспользованного отпуска, на которые сотрудник оформил получение денежной компенсации, $i = 0, \dots, 11$.

Тогда сумма расходов на оплату отпускных без учета взносов в социальные и пенсионные фонды рассчитывается в виде:

$$F = \sum_{k=0}^{11} \left((h_k + u_k) \frac{\sum_{j=k-12}^{-1} s_j}{\sum_{j=-12}^{-1} w_{k+j}} \right).$$

Пояснения к формуле представлены на рисунке.

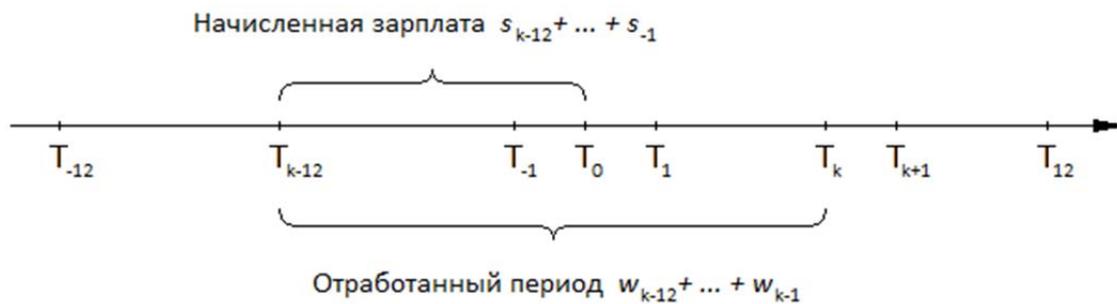


Рисунок. Периоды для расчета отпускных

Заметим, что на момент T_0 известны значения переменных s_i и w_i для $i = -12, \dots, -1$.

Для остальных переменных существует система ограничений, для построения которых требуются дополнительные обозначения.

Пусть $h_{i,j}$ – количество дней отпуска, который начинается в i -м месяце, приходящихся на j -й месяц, $i = 0, \dots, 11$, $j \in \{i, i+1, i+2\}$. Эта переменная необходима, поскольку расчет отпускных производится по среднему заработку, рассчитанному на начало отпуска, однако происходит уменьшение количества отработанных дней в текущем и последующих месяцах, что влияет на расчет среднего заработка для следующего отпуска. В работе принято, что при оформлении ежегодного отпуска его длительность такова, что отпуск попадает в интервал из трех последовательных месяцев:

$$h_i = h_{i,i} + h_{i,i+1} + h_{i,i+2}, \quad i=0, \dots, 11.$$

Условия для выполнения этого ограничения разнятся в зависимости от длительности месяцев и количества праздничных дней. В летние месяцы длительность отпуска достаточно ограничить 60 днями. Для отпуска, оформленного 31 декабря, сумма дней не должна превышать 49 дней, так как из-за праздников январский отпуск длится не более 21 дня, а февральский – 27 (в високосный год – 28).

Далее для i -го месяца, $i=0, \dots, 11$, введем обозначения:

- m_i – количество календарных дней;
- c_i – количество праздничных нерабочих дней;
- p_i – количество дней отпуска за свой счет, общая длительность которого не превышает 14 дней в рабочем году сотрудника;
- o_i – количество дней отпуска за свой счет длительностью более 14 дней в рабочем году.

Заметим, что общее количество дней отпуска в месяц не превышает число дней этого месяца за вычетом праздничных дней:

$$\begin{cases} h_{0,0} + o_0 + p_0 \leq m_0 - c_0 \\ h_{0,1} + h_{1,1} + o_1 + p_1 \leq m_1 - c_1 \\ h_{i-2,i} + h_{i-1,i} + h_{i,i} + o_i + p_i \leq m_i - c_i, \quad i = 2, \dots, 11 \end{cases}.$$

При этом для $i=0, \dots, 11$, если $h_{i,i+2} > 0$, то выполняются условия

$$\begin{cases} h_{i,i+1} = m_{i+1} - c_{i+1} \\ h_{i,i} > 0 \\ p_{i+1} = 0 \\ o_{i+1} = 0 \\ u_{i+1} = 0 \end{cases}.$$

И из $h_{i,i+1} > 0$ следует $h_{i,i} > 0$.

Тогда, согласно нормативным документам [4], количество отработанных дней в месяце можно рассчитать по формулам:

$$w_0 = 29,3 \cdot \frac{m_0 - h_{0,0} - o_0 - p_0}{m_0};$$

$$w_1 = 29,3 \cdot \frac{m_1 - h_{0,1} - h_{1,1} - o_1 - p_1}{m_1};$$

$$w_i = 29,3 \cdot \frac{m_i - h_{i-2,i} - h_{i-1,i} - h_{i,i} - o_i - p_i}{m_i}, \quad i = 2, \dots, 10.$$

Далее пусть r_i – количество накопленных дней отпуска сотрудника к моменту времени T_i , $i=0, \dots, 11$. Заметим, что значение r_0 известно.

Тогда в каждом месяце, для $i=0, \dots, 11$ требуется выполнение неравенства $h_i + u_i \leq r_i$. При этом $r_i = r_{i-1} - h_{i-1} - u_{i-1} + \frac{m_i - o_i}{m_i} \cdot \frac{N}{12}$, $i=1, \dots, 11$, где N – количество дней ежегодного предоставляемого оплачиваемого отпуска.

Для упрощения расчетов в модели момент начисления дней ежегодного оплачиваемого отпуска принят за начало календарного месяца. В реальных расчетах используется общий стаж сотрудника в полных и дробных месяцах, и количество накопленных дней увеличивается каждые несколько дней стажа.

Далее рассмотрим случай, когда в прогнозируемом периоде запланированы выплаты заработной платы. Сохраним обозначение s_i – сумма заработной платы, начисленной за период $[T_i; T_{i+1})$, $i=0, \dots, 11$. Тогда сумма резерва отпускных на период $[T_0; T_{12})$ будет определяться по формуле:

$$F = \sum_{k=0}^{11} \left((h_k + u_k) \cdot \frac{\sum_{j=-12}^{-1} s_{k+j}}{\sum_{j=-12}^{-1} w_{k+j}} \right).$$

Заработная плата, как правило, состоит из выплат двух категорий:

1. ежемесячные должностные выплаты, которые рассчитываются пропорционально отработанному в месяце времени (оклад, ежемесячная надбавка и т.д.);
2. единовременные выплаты в фиксированный день, размер которых определяется абсолютной величиной, не привязанной ко времени фактической работы.

Если в прогнозируемом периоде планируются выплаты первой категории, то при оформлении отпуска или увольнении возникнет экономия, размер которой требуется оценить.

Получим оценку s_i^* для s_i при условии, что переменные $h_{i,i}, h_{i,i+1}, h_{i,i+2}$, $i=0, \dots, 11$, известны, например, на основании графика отпусков, и, предполагая, что сотрудник не уволится в течение прогнозируемого периода. Для этого необходимо разделить заработную плату на описанные выше категории:

- s_i^r – сумма регулярных выплат за месяц;
- s_i^s – сумма единовременных выплат за месяц;

т.е. $s_i = s_i^r + s_i^s$.

Оценим долю количества отработанных дней месяца:

$$d_0 = \frac{m_0 - h_{0,0} - o_0 - p_0 - c_0}{m_0 - c_0};$$

$$d_1 = \frac{m_1 - h_{0,1} - h_{1,1} - o_1 - p_1 - c_1}{m_1 - c_1};$$

$$d_i = \frac{m_i - h_{i-2,i} - h_{i-1,i} - h_{i,i} - o_i - p_i - c_i}{m_i - c_i}, \quad i = 2, \dots, 10.$$

Тогда $s_i^* = d_i \cdot s_i^r + s_i^s$, и экономия заработной платы составит $\sum_{k=0}^{11} (1-d_k) \cdot s_k^r$.

Заметим, что в случае плановых выплат зарплаты возникает задача формирования резерва отпускных на последующий период $[T_{12}; T_{24})$.

Применим построенные модели для прогнозирования расходов в различных подзадачах.

Оценка верхней границы объема резерва. Для расчета максимальной суммы, которая может потребоваться для выплаты отпускных, рассмотрим целевую функцию F , значение которой необходимо максимизировать. Решение задачи заключается в поиске значений переменных $h_{i,j}$, u_i , p_i и o_i для $i=0, \dots, 11$, $j \in \{i, i+1, i+2\}$, которые удовлетворяют сформулированной системе ограничений и обеспечивают максимальное значение F . Решение этой задачи можно получить методом полного перебора, реализованном в виде программы для ЭВМ.

Для получения оценки F_1 максимального значения F можно наложить дополнительные ограничения на искомые переменные и получить решение аналитическим способом. Например, предположим, что сотрудник в момент T_0 оформляет отпуск за свой счет, длительность которого превышает 14 дней в рабочем году, с последующим увольнением в некотором месяце. Тогда $w_i = 0$ и $s_i = 0$ для $i=0, \dots, 11$, и

$$F_1 = \max_{0 \leq k \leq 11} \left(\frac{\sum_{j=k-12}^{-1} s_j}{\sum_{j=k-12}^{-1} w_{k+j}} \cdot r_k \right).$$

Далее заметим, что в течение отпуска за свой счет дни оплачиваемого отпуска не начисляются, и значит $r_k = r_0$, что позволяет вынести r_k за скобки. Таким образом, оценка верхней границы объема резерва равна

$$F_1 = r_0 \cdot \max_{0 \leq k \leq 11} \frac{\sum_{j=k-12}^{-1} s_j}{\sum_{j=k-12}^{-1} w_j}.$$

Эта оценка может быть интересна в случае, когда выплаты сотрудникам оформляются неравномерно. Например, участники проекта получают зарплату по итогам окончания этапа работ в декабре. В этом случае, если расчетный период работы будет содержать только декабрь, то средний заработок будет достаточно высоким.

Другую оценку F_2 можно получить, если предположить, что сотрудник не оформляет отпуск за свой счет в прогнозируемом периоде, т.е. $p_i = 0$ и $o_i = 0$ для $i=0, \dots, 11$.

Заметим, что при отсутствии заработной платы в прогнозируемом периоде значение целевой функции будет больше, если между компенсацией за неиспользованный отпуск и оплачиваемым отпуском выбрать последнее, поскольку это уменьшит w_i в знаменателе (при условии, что длительность месяца позволяет это сделать). Таким образом, будем считать $u_i = 0$ для $i=0, \dots, 11$. Также примем $h_{i,i+1} = 0$ и $h_{i,i+2} = 0$, $i=0, \dots, 11$. Тогда

$$F_2 = \sum_{k=0}^{11} \left(h_k \cdot \frac{\sum_{j=k-12}^{-1} s_j}{\sum_{j=-12}^{-1} w_{k+j}} \right),$$

где $w_i = 29,3 \cdot \frac{m_i - h_i}{m_i}$, $i=0, \dots, 10$ и $r_i = r_{i-1} - h_{i-1} + \frac{N}{12}$, $i=1, \dots, 11$.

Оценку F_2 , как и максимальное значение F , можно получить методом перебора, однако сложность задачи в этом случае будет значительно ниже.

Если в прогнозируемом периоде выплаты заработной платы запланированы, то для получения оценки F необходимо сравнивать уровень средний заработок прошедшего периода и прогнозируемого. Если средний заработок прошедшего периода больше, то оценка может быть получена в виде, аналогичном F_2 . В обратной ситуации для увеличения F целесообразно заменить оплачиваемые отпуска денежными компенсациями.

Расчет резерва согласно графику отпусков. При расчете суммы резерва на основании графика отпусков становятся известны переменные $h_{i,j}$, для $i = 0, \dots, 11, j \in \{i, i+1, i+2\}$, при этом считается, что $u_i = 0$, $p_i = 0$ и $o_i = 0$, и задача сводится к расчету F по известной формуле.

Заметим, что в этом случае не учитывается вероятность увольнения сотрудника, что при большом количестве накопленных дней может привести к большой разнице между плановыми и фактическими расходами.

Расчет резерва по министерской методике. В одном из писем [5] Министерство финансов предлагает оценивать резерв для выплаты отпускных в виде произведения количества накопленных дней отпуска и среднего заработка:

$$F_3 = \frac{\sum_{j=-12}^{-1} s_j}{\sum_{j=-12}^{-1} w_j} \cdot r_0.$$

Заметим, что этот резерв составлен на дату расчета и не позволяет оценить расходы в прогнозируемом периоде. Однако в комбинации с графиком отпусков эта методика позволяет составить более качественный прогноз, поскольку будет учитывать ежегодные отпуска и риски увольнения.

Таким образом, в работе были рассмотрены проблемы прогнозирования финансовых показателей проектной деятельности, сформулированы задачи прогнозирования расходов на заработную плату и отпускные. Построенная математическая модель позволяет решить поставленные задачи аналитическими и численными методами. Кроме того, предложенная модель может быть использована для получения прогноза расходов статистическими методами.

Литература

1. Elkjaer M. Stochastic Budget Simulation // International Journal of Project Management. – 2000. – V. 18. – № 2. – P. 139–147.
2. Wang C.-H., Huang Y.-C. A new approach to calculating project cost variance // International Journal of Project Management. – 2000. – V. 18. – № 2. – P. 131–138.
3. Cui Q., Hastak M., Halpin D. Systems analysis of project cash flow management strategies // Construction Management and Economics. – 2010. – V. 28. – № 4. – P. 361–376.
4. Положение об особенностях порядка исчисления средней заработной платы: [утверждено постановлением Правительства РФ от 24 декабря 2007 г. № 922]: офиц. текст: по состоянию на 12.05.2016 г.
5. Письмо Минфина России от 20 мая 2015 г. № 02-07-07/28998 «О порядке отражения в учете операций с отложенными обязательствами»: офиц. текст: по состоянию на 12.05.2016 г.

УДК 004.65

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ПОДСИСТЕМЫ «БЮДЖЕТ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ»

А.П. Вареникова¹

Научный руководитель – д.т.н., профессор С.А. Арустамов¹

¹Университет ИТМО

В работе сформулированы основные требования к информационной системе для построения бюджета подразделения, проекта и университета в целом. Построена иерархическая модель центров финансовой ответственности, предложены методы резервирования денежных средств. Представлена структура универсальной бизнес-процедуры построения бюджета, которая используется в различных подсистемах университета.

Ключевые слова: бюджет, доходы, расходы, резерв, корпоративная информационная система, центры финансовой ответственности.

В планировании и осуществлении деятельности университета важную роль играют финансовые показатели. В начале каждого календарного года учреждение составляет план финансово-хозяйственной деятельности на текущий и следующие года. В течение года профильные службы контролируют выполнение этого плана, анализируют отклонения фактических показателей от плановых значений.

В настоящее время в ведущих российских университетах проявляется тенденция к сетевому формату управления учреждением, оптимизируется структура административно-управленческого персонала, а подразделения получают некоторую самостоятельность [1]. Эти изменения предъявляют новые требования к корпоративной информационной системе, которая должна оперативно реагировать на изменения структуры доходов и расходов учреждения, появление новых центров финансовой ответственности (ЦФО) и изменения законодательства [2].

Финансово-хозяйственная деятельность современного университета имеет ряд особенностей:

- различные источники финансирования (бюджетные ассигнования, целевые субсидии, внебюджетные средства и т.д.), которые подразумевают различные системы планирования и отчетности;
- операционная и проектная деятельность. Университет осуществляет образовательную деятельность, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИиОКР). В последнее время университеты участвуют в крупных программах развития («Научно-исследовательский университет», «Программа повышения конкурентоспособности» и пр.);
- объединение образовательных учреждений, экономическая самостоятельность подразделений;
- различная классификация операций для целей бухгалтерского и налогового учета, финансового планирования и управления проектами (коды вида расходов, коды операций сектора государственного управления (КОСГУ), направления расходования денежных средств).

В таких условиях возникает задача построения многослойного бюджета вуза, с учетом различных направлений и участников финансово-хозяйственной деятельности. Эту задачу удобно разделить на три подзадачи:

1. построить детализированный бюджет университета в разрезе различных источников финансирования, кодов расхода, подразделений и проектов;
2. реализовать резервирование денежных средств для получения корректной информации об остатке средств;
3. организовать распределенный доступ к финансовым сведениям большому кругу лиц – руководству вуза, финансовым специалистам, руководителям подразделений, проектов и т.д.

Построение бюджета. Для решения этой задачи в работе была построена иерархическая модель бюджета университета: бюджет учреждения складывается из бюджетов отдельных подразделений, фондов, программ, проектов и общеузовских расходов (содержание имущества, уплата налогов и т.д.). Структура бюджета вуза представлена на рисунке.

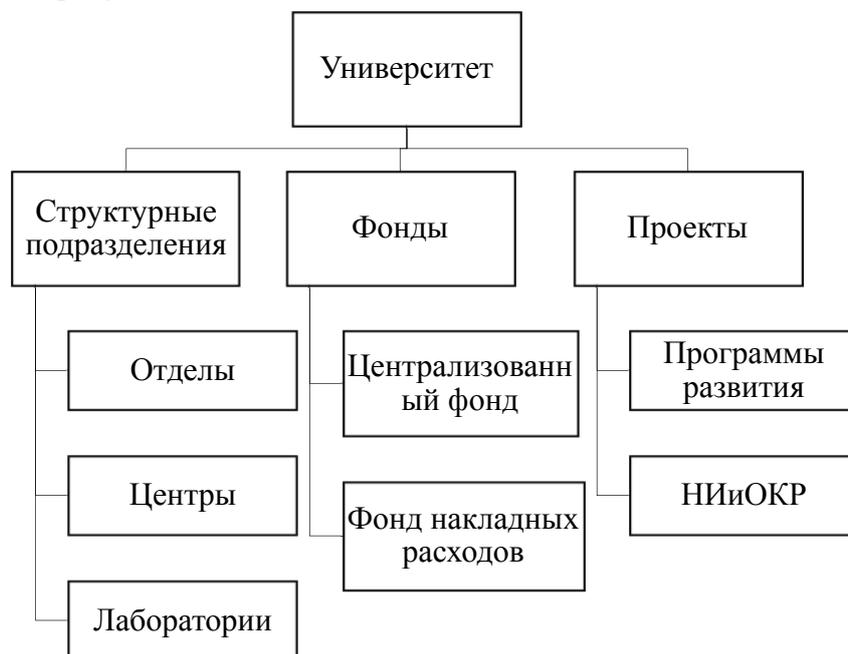


Рисунок. Бюджет университета

Бюджет ЦФО предлагается разделить на три раздела по видам операций:

1. доход. Поступления бюджетного финансирования, средства от оказания платных услуг и т.д.;
2. уменьшение дохода. Уплата НДС, отчисления в централизованные фонды, частичная уплата налога на прибыль;
3. расход. Расходы на заработную плату сотрудников, приобретение товаров, оплата выполненных работ, оказанных услуг.

Резервирование средств. В типовых решениях для автоматизации деятельности образовательного учреждения уделяется небольшое внимание финансовому планированию деятельности ЦФО. Один из российских лидеров по производству программного обеспечения ООО «1С» для решения задачи резервирования предлагает использовать заявки на расходование денежных средств [3]. Однако обязательства по расходам возникают на основании различных документов (приказ на командировку, извещение о проведении аукциона) и на разных этапах деловых процессов [4].

В других программных продуктах планирование доходов и расходов предлагается выполнять на основании сценариев, однако составление таких сценариев требует большой работы финансовых аналитиков и, как правило, ручного ввода данных [5]. При этом необходимо отметить, что в крупном учреждении организована распределенная регистрация документов – оснований для обязательств, и задачу бюджетирования невозможно решить исключительно силами финансовых служб. Исходя из этого, предложенные методы представляются нерациональными в условиях деятельности университета.

Для решения задачи резервирования была построена распределенная модель регистрации обязательств в рамках информационной системы управления (ИСУ) Университета ИТМО. Для этого были задействованы данные и программные решения следующих подсистем:

- система бухгалтерского учета (учет операций на расчетных счетах, учет расчетов с покупателями и заказчиками);
- система учета кадров и расчета заработной платы (штатная книга, расчетные ведомости);
- система финансового планирования (учет принятых обязательств);
- система планирования и учета логистических операций (информационное сопровождение закупок товаров, работ и услуг).

Следует отметить, что перечисленные системы были реализованы с учетом следующих требований к корпоративной информационной системе:

- согласованная система справочников. В большинстве случаев используются единые справочники, а при невозможности использования одного справочника выполняется настройка соответствия значений;
- детализированный учет операций с использованием внешней классификации (КОСГУ, код вида финансового обеспечения) и внутренней классификации (ЦФО, источники финансирования и пр.);
- универсальная система ведения смет для планирования расходов;
- информационная поддержка сквозных бизнес-процессов. Объекты различных подсистем связаны между собой, что позволяет контролировать сумму резерва на каждом этапе развития процесса.

Таким образом, тесная интеграция перечисленных подсистем позволяет построить бюджет финансового подразделения в следующем виде (таблица).

Таблица. Структура бюджета ЦФО

Раздел бюджета	Фактическое исполнение	Резервирование средств
Доход		
Поступление средств	кассовые поступления	–
Уменьшение дохода		
Уплата налогов, отчисления в различные фонды	кассовые расходы	% от кассовых поступлений
Расход		
Зарплата (оклад, надбавки)	ведомость расчета заработной платы	штатная книга
Зарплата (отпускные)		% от заработной платы (расчет по среднему количеству дней оплачиваемого отпуска)
Командировочные расходы	кассовые расходы	сметы по командировкам авансовые отчеты
Расходы на приобретение товарно-материальных ценностей		объявленные закупки заключенные договоры, принятые обязательства по договорам счета на оплату
Оплата услуг банка		% от кассовых поступлений
Оплата услуг связи, коммунальных услуг и пр.		счета на оплату

Управление доступом к бюджетам. В результате работы была реализована универсальная процедура построения бюджета подразделения, которая используется в различных подсистемах финансового, административного и проектного комплекса ИСУ:

- бюджет подразделения. Приложение для руководителей структурных подразделений;

- бюджет проекта НИиОКР. Подсистема для финансовых специалистов и руководителей проектов;
- бюджет программы развития (представление на уровне программы, задачи, мероприятия и закупки). Приложение для проектного офиса, руководителей разделов программы;
- монитор руководителя. В приложении, предназначенном для руководства учреждения, отображается сводный бюджет университета с возможностью его детализации по ЦФО.

Следует отметить, что в предложенной процедуре большинство сведений обрабатывается и рассчитывается автоматически, что требует минимального участия финансовых специалистов для функционирования приложения.

Литература

1. Валявский А.Ю., Иванов М.Н. Использование оптимизационных моделей для управления бюджетами структурных подразделений в рамках единой информационной системы сетевого вуза // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2011. – № 8. – С. 49–64.
2. Гламаздин Е.С., Новиков Д.А., Цветков А.В. Управление корпоративными программами: информационные системы и математические модели. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 159 с.
3. 1С: Университет ПРОФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://solutions.1c.ru/catalog/university-prof/features>, своб.
4. Светкина И.А. Бюджетирование и учет оценочных обязательств на автотранспортных предприятиях // Вестник самарского государственного экономического университета. – 2014. – № 11(121). – С. 109–113.
5. Омега.ПФУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gkomega.ru/direction/government/detail.php?ID=838>, своб.

УДК 004.934.8'1

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИКТОРА С ПОМОЩЬЮ НЕОТРИЦАТЕЛЬНОЙ МАТРИЧНОЙ ФАКТОРИЗАЦИИ

О.В. Верхоляк¹, С. Мун¹

Научный руководитель – д.т.н. Ю.Н. Матвеев¹

¹Университет ИТМО

На сегодняшний день были разработаны многие различные реализации идентификации диктора. Самый популярный метод – модель UBM-GMM. Он обладает высокой эффективностью, однако имеет один недостаток – большие требования к вычислительным ресурсам. По этой причине использование такого подхода при ограниченных ресурсах является нежелательным. **Цель работы** – предоставить альтернативное решение, по эффективности сравнимое с существующими методами, но не требующее ресурсоемких затрат.

Ключевые слова: идентификация диктора, неотрицательная матричная факторизация.

Введение. В современных системах для идентификации диктора широко используются такие подходы как квантование векторов: UBM-GMM (Universal Background Model – Gaussian Mixture Model), SVM (Support Vector Machine), ANN (Artificial Neural Networks). В частности, много исследований было посвящено методу UBM-GMM, так как он предоставляет надежные результаты не только для идентификации, но и для верификации дикторов. Этот метод основан на статистическом моделировании спикеров. Он требует голосовые записи сотни людей и соответствующий объем памяти для хранения параметров модели. В условиях

ограниченности ресурсов хранение многих параметров может быть неприемлемым. Для решения этой проблемы предлагается новый подход – использование неотрицательной матричной факторизации – позволяющий значительно сократить требования к памяти и вычислительным ресурсам.

Неотрицательная матричная факторизация. Алгоритм неотрицательной матричной факторизации (NMF) был изначально предложен Lee и Seung [1], которые показали его эффективность в сепарировании различных данных. NMF аппроксимирует исходную матрицу размером $(n \times m)$ как произведение двух матриц размером $(n \times r)$ и $(r \times m)$, причем r оказывается много меньше, чем n или m :

$$(\mathbf{X}_{n \times m}) \approx (\mathbf{W}_{n \times r})(\mathbf{H}_{r \times m}). \quad (1)$$

При этом должно выполняться условие неотрицательности всех трех матриц. Каждый исходный вектор данных представляется как линейная комбинация векторов, содержащихся в матрице \mathbf{W} , взвешенные соответствующими коэффициентами \mathbf{H} . Следовательно, из огромного количества исходных векторов получаем некоторое количество так называемых базовых векторов, причем их количество намного меньше, чем исходных (так как r обычно много меньше, чем n или m). В результате получается компактное представление исходных векторов.

Алгоритм NMF основан на итеративных обновлениях \mathbf{W} и \mathbf{H} . Использовались мультипликативные правила с мерой евклидова расстояния. Такой алгоритм легко реализовать, и было показано [2], что его сходимость обеспечена после определенного количества повторов. На каждом шагу значение вычисляется как произведение предыдущего значения и масштабирующего фактора следующим образом:

$$\mathbf{H}_{rm} \leftarrow \mathbf{H}_{rm} \frac{(\mathbf{W}^T \mathbf{X})_{rm}}{(\mathbf{W}^T \mathbf{W} \mathbf{H})_{rm}}, \quad \mathbf{W}_{nr} \leftarrow \mathbf{W}_{nr} \frac{(\mathbf{X} \mathbf{H}^T)_{nr}}{(\mathbf{W} \mathbf{H} \mathbf{H}^T)_{nr}}. \quad (2)$$

Идентификация диктора. Задача идентификации спикера состоит в том, чтобы выбрать из набора зарегистрированных пользователей того, чьи голосовые характеристики наиболее совпадают с тестовыми экземплярами, полученными в ходе идентификации. Идентификация происходит в два этапа: обучение и тестирование. Обучение необходимо для того, чтобы построить модель для каждого зарегистрированного спикера, которая будет содержать его голосовые параметры. Во время тестирования фонограмма неизвестного пользователя сравнивается с голосовыми характеристиками зарегистрированных пользователей. Задача сводится к тому, чтобы выбрать модель, наилучшим образом совпадающую с характеристиками неизвестного пользователя. Общий процесс идентификации изображен на диаграмме (рис. 1).

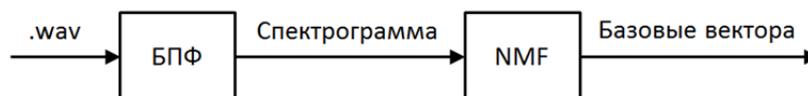


Рис. 1. Диаграмма этапа обучения

Предлагаемый алгоритм. В рамках идентификации дикторов на вход алгоритма подается спектральная мощность записанного голосового сигнала, вычисленная с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ, FFT). В результате факторизации спектрограммы получаются две матрицы – матрицу базовых векторов \mathbf{W} и весовых коэффициентов \mathbf{H} . Каждый столбец матрицы \mathbf{W} представляет собой специфицированный базис, присущий определенному спикеру, а \mathbf{H} содержит соответствующие коэффициенты.

$$\text{Матричное представление: } \mathbf{X} = \mathbf{W} \mathbf{H}. \quad (3)$$

$$\text{Векторное представление: } x = \mathbf{W} h. \quad (4)$$

Матрица \mathbf{W} высчитывается на этапе обучения для каждого зарегистрированного

пользователя. Она содержит информацию об индивидуальных голосовых характеристиках. Инициализация начинается со случайных \mathbf{W} и \mathbf{H} , далее используются уравнения обновления соответственно (2). \mathbf{H} игнорируется на этом этапе.

На этапе тестирования происходит вычисление весовых коэффициентов (активаций), при этом значения \mathbf{W} , полученные на этапе обучения, остаются неизменными. Далее все активации для каждого пользователя складываются и сравниваются друг с другом. Зарегистрированный диктор, сумма активаций которого окажется больше остальных, идентифицируется как распознанный (рис. 2).

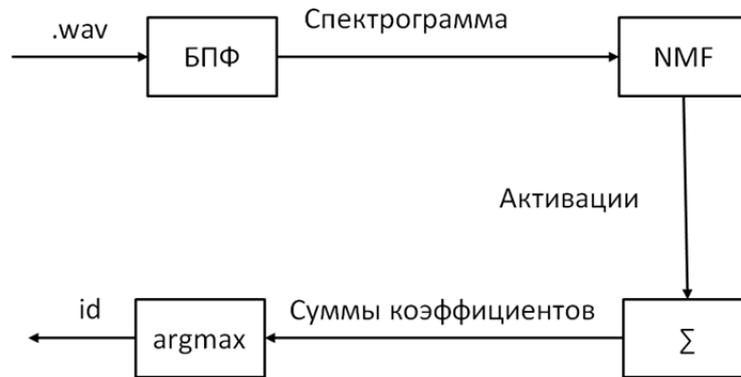


Рис. 2. Диаграмма этапа тестирования

Выбор количества используемых базовых векторов (r) является краеугольным камнем этого алгоритма. Слишком мало базовых векторов не смогут адекватно представить информацию о голосовых характеристиках пользователя, слишком много несут избыточную информацию и увеличивают вычислительную нагрузку без какого-либо улучшения результатов. Кроме того, появляется опасность того, что избыточные вектора моделируют не индивидуальные характеристики конкретного пользователя, а общие черты всех пользователей вместе взятых. Присутствие таких векторов ухудшают точность распознавания.

Экспериментальная установка. В работе была реализована независимая от текста система идентификации дикторов. Аудиозаписи для обучения были получены с помощью зачитывания гарвардских предложений (на английском языке) [3]. Каждая запись содержала 10 фонетически сбалансированных предложений. Аудиозаписи для тестирования также были записаны, прочитывая гарвардские, не совпадающие с обучающей выборкой. Предложения записывались по одному в каждый файл. Все аудиозаписи были записаны в одинаковых условиях, содержащих среднее количество фонового шума. Вычисления производились в среде MATLAB. Размер FFT был выбран 1024, с размером окна 512 и сдвигом в 256. Использовалось окно Ханна.

Была создана база из 10 зарегистрированных пользователей, 5 мужского и 5 женского пола. Каждый пользователь записал один аудиофайл, длиной 40 с, для обучения модели, и 20 аудиофайлов, длиной 4 с, для тестирования. Частота дискретизации каждой записи была установлена 16,000 Гц. Все параметры экспериментальной установки приведены ниже в табл. 1.

Таблица 1. Экспериментальная установка

Количество пользователей	10
Длина обучающего файла	40 с
Количество обучающих файлов	1/пользователя
Длина тестового файла	4 с
Количество тестовых файлов	20/пользователя
Частота дискретизации	16,000 Гц

Результаты. Зависимость точности распознавания в зависимости от количества используемых базовых векторов приведена ниже в табл. 2.

Таблица 2. Точность распознавания в зависимости от количества используемых базовых векторов

Количество базисов	2	6	10	14	18	22
Точность распознавания	87,5	96,0	96,5	93,0	96,0	96,0

Как видно из табл. 2, оптимальное количество базовых векторов – 10. Малое количество базисов сильно ухудшает результаты, тогда как увеличение количества векторов их не улучшает. В силу ранее изложенных причин, использование большого количества базисов нежелательно, поэтому далее в экспериментах использовались 10 векторов.

Сравнительный анализ. Для того чтобы доказать эффективность предлагаемого алгоритма проведен сравнительный анализ с популярным методом UBM-GMM, разработанный Рейнольдсом [4]. Сравнение проводилось с двумя разными уровнями отношения сигнал/шум. Для симулирования фонового шума использовался аддитивный белый шум.

Из табл. 3 видно, что предлагаемый алгоритм является менее робастный к увеличению уровня шума в звукозаписях. Однако при повседневном уровне шума, соответствующего оригинальным записям, точность распознавания оказалась сравнимой с эталонным методом. Далее был произведен анализ получаемых результатов при изменении длины тестового файла (табл. 4). Все остальные параметры при этом оставались неизменными.

Таблица 3. Точность распознавания [%] в зависимости от отношения сигнал/шум

ОСШ [дБ] (белый шум)	Рейнольдс [4]	NMF
≥ 20	100,0	96,5
10	93,5	91,0
5	81,0	77,5
0	60,0	45,0

Таблица 4. Точность распознавания [%] в зависимости от длины тестового сигнала

Длина сигнала [с]	Рейнольдс [4]	NMF
1	90,0	86,0
2	98,5	92,5
3	100,0	96,0
4	100,0	96,5

Количество байтов, необходимых для хранения информации о голосовых моделях пользователей в UBM-GMM намного больше, чем в предложенном методе (табл. 5).

Таблица 5. Необходимый объем памяти

	Рейнольдс [4]	NMF
Объем памяти [байт]	86 М	410 К

Вывод. С помощью алгоритма неотрицательной матричной факторизации (NMF) удалось реализовать систему идентификации диктора по речевому сигналу, которая при небольших потерях в точности распознавания позволяет сэкономить вычислительные ресурсы. Предлагаемый алгоритм занимает в 200 раз меньший объем памяти по сравнению с эталонным методом UBM-GMM. Единственным минусом данного

алгоритма является тот факт, что он является менее робастным к увеличению уровню шума. Однако как показали результаты эксперимента, точность распознавания в условиях повседневного умеренного шума уменьшается незначительно [5].

Литература

1. Lee D.D., Seung H.S. Algorithms for non-negative matrix factorization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://papers.nips.cc/paper/1861-algorithms-for-non-negative-matrix-factorization.pdf>, своб.
2. Kenny P., Boulianne G., Ouellet P., Dumouchel P. Speaker and session variability in GMM-based speaker verification // IEEE Trans. Audio, Speech Language Process. – 2007. – P. 1448–1460.
3. Kinnunen T. et al. An overview of text-independent speaker recognition: from features to supervectors // Speech Communication. – 2010. – V. 52(1). – P. 12–40.
4. Reynolds D.A., Quatieri T.F., Dunn R.B. Speaker verification using adapted Gaussian mixture models // Digital Signal Process. – 2000. – V. 10. – № 1-3. – P. 19–41.
5. Togneri R. et. al. An Overview of Speaker Identification: Accuracy and Robustness Issues // IEEE Circuits and systems Magazine. – 2011. – V. 11. – P. 23–61.

УДК 004.93

УЛУЧШЕНИЕ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА НА ЗАПИСЯХ С УДАЛЕННОГО ОТ ДИКТОРА МИКРОФОНА

В.Н. Волковая¹, Е.В. Шуранов¹

Научный руководитель – к.т.н., доцент К.К. Симончик¹

¹Университет ИТМО

В работе представлены алгоритмы подавления поздней реверберации. Реализованы следующие алгоритмы дереверберации: алгоритм, основанный на спектральном вычитании, алгоритм на базе инверсной фильтрации и алгоритм на основе сглаживания кепстра. Проведено сравнение алгоритмов дереверберации. Показано улучшение разборчивости речи, уменьшение времени реверберации и увеличение соотношения сигнал/шум на базе реальных речевых записей, полученных в условиях реверберации.

Ключевые слова: обработка сигналов, разборчивость речи, дереверберация.

Введение. В системах, предназначенных для восприятия человеческой речи, особое значение имеет ее разборчивость. Разборчивость речи – относительное количество правильно принятых элементов речи, выраженное в процентах от общего числа переданных элементов. В качестве элементов речи могут выступать слоги, звуки, слова или фразы целиком. Разборчивость речи определяет точность, с которой принимается информация, передаваемая источником речи.

На разборчивость речи влияет ряд следующих факторов: качество речевого сигнала, время реверберации, громкость речи, тип и уровень фонового шума, соотношение постороннего шума и уровня громкости речи, форма и размеры помещения.

Для оценки уровня разборчивости речи используют отношение сигнал/шум (signal-to-noise-ratio). Это соотношение определяет разницу в децибелах между уровнем громкости речи и фоновым шумом. Для хорошей разборчивости речи в качестве порогового значения рекомендуется разница 10–15 дБ.

На разборчивость сигнала отрицательно влияет фоновый шум и реверберация. Различные типы шума по-разному влияют на разборчивость речи в зависимости от их уровня, характера спектра, временных и частотных характеристик шума. Отдельный класс задач составляют ситуации с двумя и более источниками речи. Известно, что на

разборчивость речевых сообщений также оказывает отрицательное влияние эффект реверберации. В больших гулких помещениях отраженный звук от одного слога слышен, когда произносится следующий слог, поэтому реверберация может значительно исказить речь и ухудшить ее разборчивость [1]. В настоящей работе решается проблема устранения негативных эффектов реверберации.

Реверберация – это акустический эффект, возникающий в закрытых помещениях, заключающийся в постепенном затухании звука после того, как источник прекращает посылать звуковой сигнал [2]. Причина возникновения данного эффекта кроется во множественных отражениях сигнала от стен и объектов в комнате, которые впоследствии придут на микрофон вместе с прямым сигналом с некоторой задержкой во времени, при условии, что источник звука удален от микрофона на некоторое расстояние. Негативные последствия реверберации заключаются в ухудшении качества звука, особенно речи. Если помещение достаточно большое по площади, то время реверберации в нем – время за которое все отражения сигнала придут на микрофон, тоже будет большим, что отрицательно скажется на степени легкости, с которой без усилий возможно воспринять речь, т.е. ее разборчивости.

Проблема реверберации звукового сигнала затрагивает многие области, такие как телекоммуникационные системы и системы автоматического распознавания речи, где улучшение разборчивости речи является одной из приоритетных задач.

Степень ухудшения качества сигнала, в том числе и речевого, зависит от характеристик помещения и материалов, из которого сделаны находящиеся в нем объекты, а также его стены, расстояния между источником сигнала (диктором или колонкой) и микрофоном, а также уровнем шума в окружающей среде.

У этой проблемы существует простое и очевидное решение – уменьшение расстояния между источником звука и микрофоном. Однако оно не всегда представляется возможным из-за особенностей расположения микрофона в телефонах и ноутбуках, а также в случаях обработки аудиозаписей. Для более эффективного устранения негативных эффектов реверберации требуется применение фильтров дереверберации, которые позволят улучшить качество и разборчивость реверберированного речевого сигнала.

В данной работе рассмотрены различные подходы к подавлению реверберации, а также были реализованы три алгоритма на их основе. Эффективность алгоритмов оценивается с помощью тестирования на реальных аудиозаписях. На основе результатов тестирования произведено сравнение алгоритмов и выбор наиболее эффективного.

Обзор существующих подходов. Условно методы дереверберации делятся на те, для которых оценка импульсной характеристики комнаты необходима, и на те, для которых оценка импульсной характеристики не требуется. Отсюда произошло деление на слепые и не слепые методы дереверберации.

Методы, в которых импульсная характеристика не оценивается, так как она известна, позволяют устранить реверберацию полностью и являются не слепыми. Такие алгоритмы имеют ряд недостатков, связанных с узкой сферой практического применения.

Гораздо чаще на практике применяются методы слепой дереверберации, которые позволяют лишь подавить реверберацию, но не устранить ее полностью в связи с невозможностью точной оценки импульсной характеристики, поэтому их целесообразно рассматривать отдельно.

В данной работе рассмотрены два альтернативных подхода к подавлению реверберации:

– сглаживание кепстра;

- инверсная фильтрация;
- спектральное вычитание.

1. Сглаживание кепстра. Алгоритмы на основе сглаживания кепстра часто используются в системах, где требуется улучшение качества речевого сигнала.

Их широкое использование связано с тем, что характеристики речи и искусственные артефакты представлены в виде матрицы коэффициентов в этой области, начальные значения кепстра служат параметрами описывающего состояния голосового тракта или огибающую спектра речевого процесса. Значения кепстра при больших значениях времени используются для оценки параметров возбуждающего сигнала. Предположительно экспоненциальное сглаживание кепстра речевого сигнала должно улучшать его разборчивость. Данный метод обработки широко применяется для предварительной обработки сигналов в системах автоматического распознавания речи.

Сглаживание кепстра осуществляется по следующей формуле:

$$X_{cep}(k) = \alpha X(k) + (1 - \alpha) X_{cep}(k - 1),$$

где X_{cep} – кепстр речевого сигнала; α – коэффициент сглаживания, являющийся параметром алгоритма.

2. Инверсная фильтрация. Расчет коэффициентов инверсного фильтра происходит по следующим формулам:

$$\hat{X}(k) = \hat{X}(k)\alpha + (1 - \alpha)\hat{X}(k - 1),$$

$$A_{cp} = \frac{\sum_{m=1}^M \hat{X}(k)}{M},$$

$$w = \left(\frac{A_{cp}}{\hat{X}(1)}, \dots, \frac{A_{cp}}{\hat{X}(M)} \right),$$

где $\hat{X}(k)$ – экспоненциально сглаженный спектр речевого сигнала, а α – коэффициент сглаживания, являющийся параметром алгоритма; A_{cp} – среднее значение амплитуды; w – коэффициент фильтрующей функции.

3. Спектральное вычитание. В данном алгоритме предлагается производить оценку реверберации через спектральную плотность мощности реверберированного сигнала [3].

Найдем спектральную плотность мощности реверберированного сигнала:

$$y_{xx}(t, f) = y_{rr}(t, f) + y_{sd}y_{ss}(t, f).$$

Спектральная плотность мощности чистого сигнала равна:

$$y_{rr}(t, f) = e^{-2\Delta t} y_{xx}(t - T, f).$$

Формула спектрального вычитания:

$$|S(m, k)| = |X(m, k)| - \sqrt{y_{rr}(m, k)} = G(m, k)|X(m, k)|,$$

где m – временной индекс, а k – частотный индекс.

$$G(m, k) = \frac{|X(m, k)| - \sqrt{y_{rr}(m, k)}}{|X(m, k)|} = 1 - \frac{1}{\sqrt{(SNR_{pos} + 1)}}, \text{ где } SNR_{pos} = \frac{|X^2|}{y_{rr}} - 1.$$

В приведенном алгоритме также предусматривается сглаживание по следующему принципу:

$$G(m, k) \approx 1 - \frac{1}{\sqrt{(SNR_{pri} + 1)}}, \text{ где } SNR_{pri} = E\left[\frac{|X^2|}{y_{rr}} - 1\right].$$

SNR_{pri} вычисляется через текущее среднее:

$$SNR_{pri}(m, k) = \beta SNR_{pri}(m - 1, k) + (1 - \beta) \max[0, SNR_{pos}].$$

Результаты тестирования. Для тестирования алгоритма были использованы 17 аудиозаписей, обработанные 3 фильтрами на основе описанных подходов.

В качестве метрик, оценивающих качество и разборчивость речевого сигнала, были выбраны время реверберации (RT-60), MOS-оценка и соотношение сигнал/шум (SNR) (таблица).

Таблица. Результаты сравнения алгоритмов по выбранным метрикам

Метрика	Алгоритмы			
	До обработки	Спектральное вычитание	Сглаживание кепстра	Инверсная фильтрация
MOS-оценка	2,64	2,92	2,34	2,34
RT-60	1,39	0,59	1,08	0,61
SNR	17,94	27,56	24,18	29,64

Заключение. По результатам сравнения лучшим алгоритмом улучшения разборчивости речевых сигналов был признан алгоритм на основе спектрального вычитания. После обработки данным алгоритмом показатели оценки эффективности алгоритма по метрике MOS-оценка, отвечающей за разборчивость речевого сигнала, приняли максимальное значение.

Несмотря на то, что оценка эффективности по метрикам, измеряющим качество сигнала после обработки, у алгоритма на основе сглаживания кепстра оказалась лучше, алгоритм на основе спектрального вычитания имеет более высокие показатели разборчивости речи. Так как разборчивость речи в данной работе имеет более приоритетный критерий оценки работы алгоритма, чем качество сигнала, то этими результатами можно пренебречь. Таким образом, результаты тестирования показывают, что наиболее эффективным алгоритмом улучшения разборчивости речевого сигнала является алгоритм на основе спектрального вычитания.

Литература

1. Habets E.A.P. Single- and Multi-Microphone Speech Dereverberation using Spectral Enhancement: Ph.D. Dissertation, Technische Universiteit Eindhoven. – 2007.
2. Зверев В.А. Слепая дереверберация речевого сигнала // Акустический журнал. – 2008. – Т. 54. – № 2. – С. 307–314.
3. Lebart K. and Boucher J.M. A new method based on spectral subtraction for speech dereverberation // Acta Acustica. – 2001. – V. 87. – P. 359–366.

УДК 004.932

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ДИСПАРТНОСТИ НА СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЯХ

А.Н. Волкович¹

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.В. Тузиков¹

¹Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

В работе рассмотрены аспекты реализации систем пассивного построения трехмерных моделей реального мира или карт высот на основе стереофотоснимков. Проведен общий обзор идеологии процесса, приведены существующие недостатки технологии. Предложен оригинальный комбинированный метод анализа стереофотоснимков в рамках вопроса увеличения качества построения карт диспаратности.

Ключевые слова: стереофотоснимки, диспаратность, стереореконструкция, техническое зрение.

Технологическое решение задачи трехмерного восстановления сцен окружающего мира широко исследуется и используется в различных приложениях. Восстановление формы объекта или взаиморасположения объектов позволяет документировать актуальное состояние окружающего мира с целью дальнейшего

использования как в целях визуализации трехмерной модели пользователя, так и в целях принятия решений на основе геометрической позиционной трехмерной информации для дальнейшего функционирования систем [1–5].

На современном этапе разработаны несколько подходов к бесконтактному восстановлению формы объекта с помощью оптических систем, которые условно можно разделить на два типа: пассивный и активный. Активные оптические методы восстановления форм используют специальное структурированное искусственное освещение объекта. В этом случае на исследуемую сцену или объект проецируются специально подобранные изображения – шаблоны. Пассивные оптические методы, в свою очередь, используют естественное внешнее освещение и основаны на сопоставлении данных, полученных с двух или нескольких ракурсов наблюдения объекта под разными углами.

Обобщенно принцип определения положения точек в пространстве может быть представлен при помощи следующей теоретической модели (рис. 1).

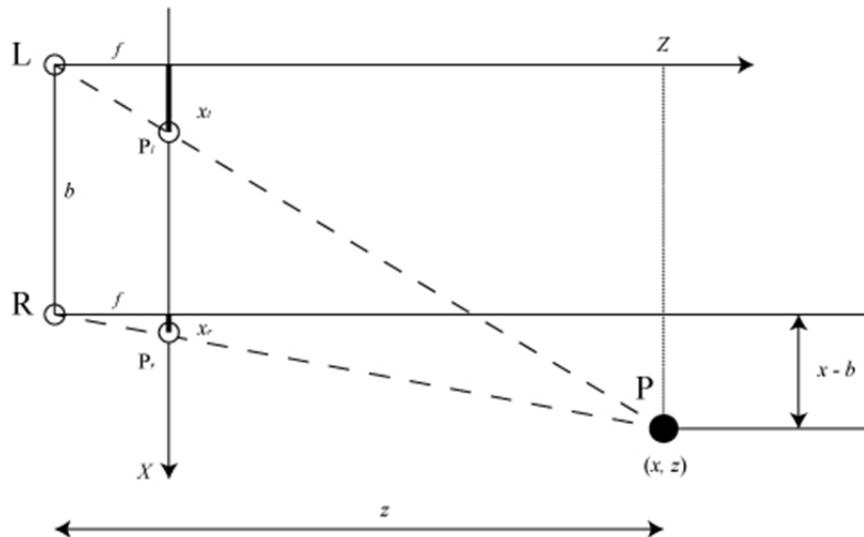


Рис. 1. Геометрическая модель стереоскопической системы (ось Y перпендикулярна схеме)

Положим, что две камеры L и R установлены таким образом, что их оси X коллинеарны, а оси Y и Z , в свою очередь, параллельны. Центры камер смещены относительно друг друга на величину b , соответствующую базе стереоскопической системы. При наблюдении некоторой точки пространства P на левом изображении формируется точка P_l , а на правом – P_r .

Учитывая подобие двух пар треугольников, получим уравнения:

$$\frac{z}{f} = \frac{x}{x_l},$$

$$\frac{z}{f} = (x - b)/x_r,$$

$$\frac{z}{f} = \frac{y}{y_l} = \frac{y}{y_r}.$$

Следует отметить, что по построению координаты точек изображений y_l и y_r могут считаться одинаковыми, что соответствует ректифицированной системе с жесткой связью между фотосистемами (3D-камера, зрительная система человека). Учитывая данное свойство, возможно преобразование системы для явного выражения координат x , y , z точки P в реальном пространстве на основе данных о координатах проекций точек на изображениях стереопары:

$$z = fb/(x_l - x_r),$$

$$x = \frac{x_l z}{f} = b + x_r z/f,$$

$$y = \frac{y_l z}{f} = \frac{y_r z}{f}.$$

Решение системы уравнений позволяет однозначно вычислить положение точки в пространстве.

Наиболее сложной задачей является поиск соответствия точек на проекциях. Данная задача не является тривиальной, так как при обработке реальных данных изображения обладают большим количеством точек со сходными характеристиками, что затрудняет получение исходных данных для системы уравнений.

Сопоставление окрестностей сопряженных точек не поддается строгой формализации, поскольку в его основе лежит проблема идентификации по изображениям фрагментов трехмерного мира, которые с трудом поддаются адекватному формальному описанию. Возникающие при съемке и зависящие от ракурса проективные и яркостные искажения приводят к тому, что в изображениях одних и тех же участков поверхности, снятых под разными ракурсами, могут появиться значительные отличия. Принципиально важно то, что эти отличия зависят не только от геометрии съемки, но и от геометрических и физических характеристик самой поверхности. Расположение источника света по отношению к поверхности влияет на распределение освещенности. Положение элементов поверхности, их отражательные и рассеивающие свойства определяют количество энергии, попадающей в объективы камер, а следовательно, и локальные отличия в яркости сопряженных фрагментов изображений.

Величина различий зависит от разницы в ракурсах съемки. Как правило, чем больше эта разница (в частности, чем больше база), тем менее похожими становятся изображения. Исходя из этого, все методы сопоставления окрестностей сопряженных точек в большей или меньшей степени опираются не на формальный подход, а на изучение характера изображений, на возможность их предварительной обработки, на приведение к эпиполярной стереопаре, на построение эффективных по точности и быстродействию описателей окрестностей сопряженных точек для сопоставления.

Например, если известно, что камеры были установлены на одной горизонтали и имели одинаковый коэффициент усиления. Тогда горизонтальные строки фотоприемников совпадают с эпиполярными линиями, поэтому сопряженные точки должны находиться на строках, имеющих одинаковый номер. В этом случае технология поиска соответствующих сопряженных точек состоит в построчном сопоставлении особенностей окружения предполагаемых сопряженных точек.

При сопоставлении особенностей для принятия решений о том, соответствуют ли друг другу характерные точки или нет, сравниваются именно окружения этих точек, используя окна (окрестности) фиксированного или адаптируемого размера. В данном классе алгоритмов стоимость сопоставления пикселей двух изображений определяется как схожесть окрестностей этих пикселей в изображениях.

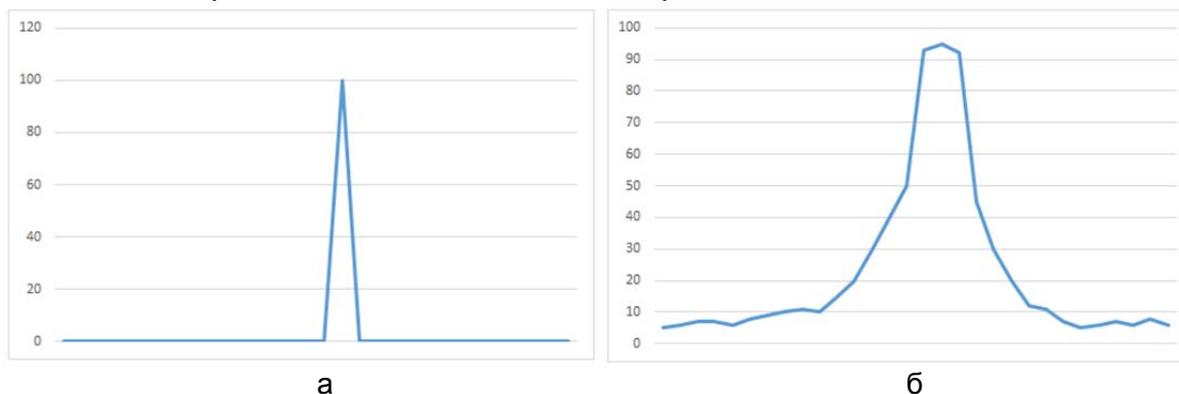


Рис. 2. Идеализированный вариант значений функции подобию региона (а); значения функции подобию региона с ярко выраженным экстремумом (б)

В идеализированной ситуации (рис. 2, а) значения функции схожести в процессе сканирования вдоль строки должен представлять собой точечный выброс для искомого пикселя при возврате нулевого значения подобия для всех остальных пикселей (окрестностей) строки.

Безусловно, при работе с реальными графическими данными такая комбинация возвращаемых функций сходства значений невозможна.

В свою очередь, при обработке исходных данных, обладающих достаточным количеством информации для идентификации локального региона, на графике функции сохраняется достаточно явный экстремум, позволяющий идентифицировать искомый пиксел изображения (рис. 2, б).

Таким образом, главной задачей при построении карты диспаратности является подбор варианта сравнения регионов, при котором экстремум значений функции подобия будет наиболее выраженным, что, соответственно, предполагает определение для точки некоторых характеристик, которые бы уникальным образом характеризовали точку изображения, причем таким образом, чтобы парная точка на опорном изображении обладала идентичными или максимально близкими значениями аналогичных характеристик.

В мировой практике при работе с изображениями в задачах стереовосстановления обычно используется только информация о яркости как критерия сравнения точек изображений. Недостатком данного подхода является множественность интерпретации цветов для точек с одинаковым значением яркости. Кроме того, следует учитывать факт неравномерности восприятия цветного и монохромного изображения. Данная особенность учитывается в методах деградации цветовой модели изображения к 256 оттенкам серого за счет введения коэффициентов, применяемых к соответствующим каналам.

$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B.$$

Учитывая то, что большинство изображений изначально формировались цветным датчиком в цветном виде, в целях повышения эффективности авторами работы была проведена модификация алгоритма с целью организации его работы с цветовой информацией.

При переходе к работе с тремя компонентами, изображения можно представить в виде «облака» точек в трехмерном пространстве с осями, соответствующими цветовым каналам изображения. Однако RGB пространство не является ортогональным, что обусловлено спецификой зрительного анализатора человека, имеющего различное число палочек и колбочек, восприимчивых к тому или иному цвету.

Поскольку мерой сравнения точек в трехмерном пространстве выступает евклидово расстояние, которое применимо к ортогональным системам, следует производить ортогонализации пространства RGB в пространство XYZ .

$$X = 0,431R + 0,342G + 0,178B,$$

$$Y = 0,222R + 0,707G + 0,071B,$$

$$Z = 0,020R + 0,130G + 0,939B.$$

После приведения пространств к точкам могут применяться операции, справедливые для ортогональных систем.

Максимальное значение длины вектора в пространстве, построенном для 8-битного цветового канала, составляет порядка 441 единиц, что в 1,7 раза превосходит по информативности сравнение точек в полутоновом представлении изображения с максимальным расстоянием между точками в 256 единиц. В свою очередь, при переходе к цветовой мере сравнений количество уникальных значений, описывающих точки, увеличивается в 65 тысяч раз по сравнению с монохромным.

Численные эксперименты показали значительное улучшение адекватности восстановления модифицированным алгоритмом, который позволяет более четко определить границы объектов со сходными визуальными характеристиками, визуально сливающимися с фоном, а также объектов с мелкими деталями.

Несмотря на увеличение диапазона сравниваемых значений за счет использования цветовой информации, сохраняется проблема обработки участков изображений, расположенных не в фокусе, объектов с большими однородными областями, а также бесконечно удаленных объектов, которые не имеют существенных перепадов яркости. С целью увеличения качества поиска значения диспаратности в однородных областях в алгоритм авторами введена возможность изменения размера окна сканирования и привязки точки в соответствии с ее позицией относительно участков с контрастными переходами. Для определения таких участков используется оператор Собеля применительно к каждому цветовому каналу и объединения результатов при построении карты вычислений.

В дальнейшем карту вычислений возможно использовать для обработки изображения при помощи динамических сканирующих окон. Данный процесс основывается на постепенном увеличении размеров окна, в том случае, если в зоне его сканирования оказывается недостаточное количество информации. В случае, когда размерность окна достигает возможного максимума не «набрав» в сканируемой области достаточного числа информации, то производится определение пиксельного расстояния до области со значением функции градиента выше заданного порога или края изображения по нескольким направлениям.

Несмотря на многоступенчатость выполнения, алгоритм обладает большим числом циклических стереотипных локально независимых операций, которые, в свою очередь, являются локально независимыми, что дает возможность говорить о возможном распараллеливании алгоритма.

Описанный выше алгоритм был реализован авторами в виде программной библиотеки, которая в дальнейшем может быть использована в широком спектре приложений, так как матрица расстояний до точек изображения или до одной точки может быть переведена в конкретную систему координат, необходимую той или иной программной или программно-аппаратной системе. Также следует отметить, что организация возможности доступа пользователя к функциям, локализирующим различные этапы выполнения алгоритма, позволяет более гибко использовать библиотеку в приложениях, не требующих выполнения всего процесса стереообработки для решения поставленных задач.

Литература

1. Borodach A., Tuzikov A. Automatic determination of matching points on two images // Proc. 9th Int. Conf. «Pattern Recognition and Information Processing». – 2007. – V. 1. – P. 49–53.
2. Шапиро Л. Компьютерное зрение. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
3. Волкович А.Н. Использование цветовых характеристик при построении карт диспаратности // Материалы международного конгресса РОПИ-2011. – 2011. – С. 112–117.
4. Ляховский В.В., Волкович А.Н., Жук Д.В., Тузиков А.В. Система автоматической реконструкции трехмерных сцен по нескольким изображениям // Материалы V Белорусского космического конгресса. – 2011. – Т. 2. – С. 129–133.
5. Жук Д.В., Тузиков А.В. Реконструкция трехмерной модели по двум цифровым изображениям // Информатика. – 2006. – № 1. – С. 16–26.

УДК 536.631

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ АЛЬБУМИНА ЧЕЛОВЕКА И ЛОШАДИ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ

Ю.С. Ворожцова¹, Л.В. Плотникова¹, Р.В. Ралис¹, М.В. Успенская¹¹Университет ИТМО

В работе приведен сравнительный анализ значений теплоемкостей образцов альбумина человека и лошади, а также зависимостей этих теплоемкостей от температуры, для исследования которых был применен метод дифференциальной сканирующей калориметрии. На основе полученных результатов были сделаны выводы о соотношении значений теплоемкостей исследуемых образцов в выбранном диапазоне температур.

Ключевые слова: дифференциальная сканирующая калориметрия, альбумин, теплоемкость.

Сывороточный альбумин – преобладающий белок в составе плазмы крови (около 55%), что делает его одним из основных биохимических показателей, применяющихся для диагностирования ряда заболеваний. Актуально исследовать свойства человеческого альбумина в сравнении с альбумином животных с целью выявления определенных сходств отдельных параметров, а также вследствие доступности последнего в качестве исходного биологического материала. Подобные темы в рамках научных работ встречаются достаточно часто: например, в [1] рассмотрены длины и степени идентичности аминокислотных последовательностей белков нескольких видов животных. В работе [2] представлено экспериментальное определение гидродинамических параметров белков животных и человека, таких как коэффициент седиментации и молекулярная масса.

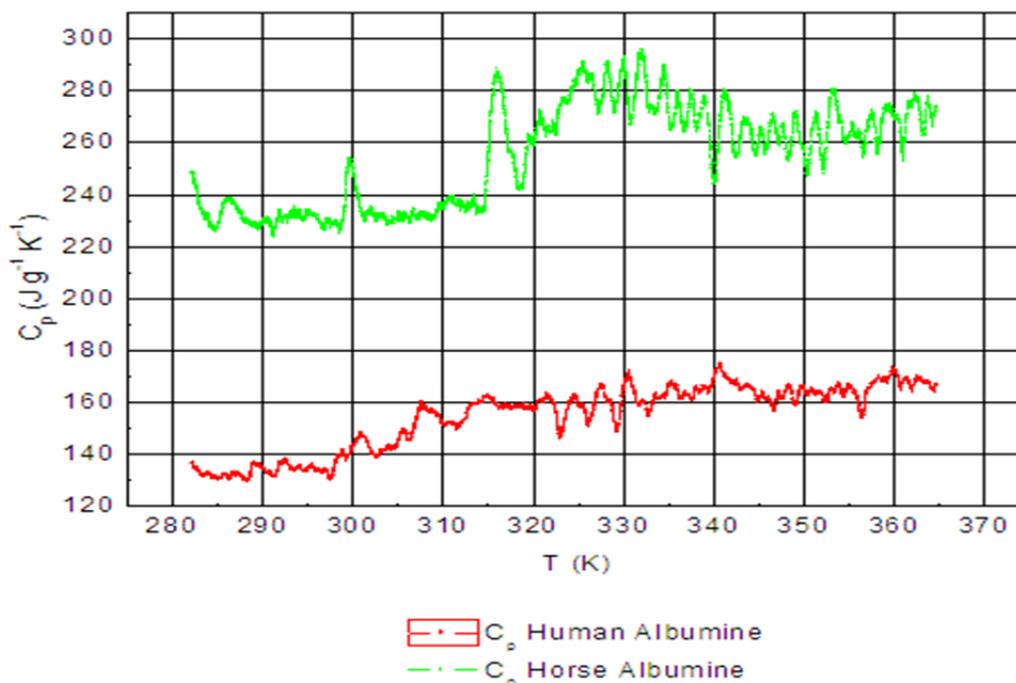


Рисунок. Кривая температурной зависимости теплоемкости альбумина человека и лошади

Для проведения настоящей работы использовались образцы альбумина человека и лошади в лиофилизованной форме. Согласно [1, 2] они имеют различную молекулярную массу (человеческий – 65 000 Да, лошадиный – 69 000 Да), а также отличаются длинами аминокислотных последовательностей (у человека – 609 а.о., у

лошади – 607 а.о.) **Целью работы** являлось сравнение зависимостей теплоемкости от температуры и значений теплоемкостей для человеческого и лошадиного альбумина. Для экспериментального определения данных зависимостей был использован метод дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Эксперимент был проведен в температурном диапазоне 5–92°C со скоростью 2 К/мин при расходе сухого азота чистотой 99,999% 20 мл/мин в калориметре Netzsch DSC 204 F1 Phoenix. Калибровка прибора по температуре и чувствительности производилась при аналогичных условиях с использованием высокочистых веществ (адамantan, Bi, In, Zn, Sn, CsCl чистотой 99,999%) по их точкам плавления. В качестве калибровочного вещества для определения теплоемкости использовался сапфир ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$).

Полученные по методу ДСК температурные зависимости изобарной удельной теплоемкости позволили установить, что теплоемкость лошадиного альбумина выше, чем теплоемкость человеческого альбумина (рисунок).

Кривая температурной зависимости теплоемкости человеческого альбумина показывает монотонный характер, варьируясь в диапазоне 125–166 Дж/(г·К) в интервале температур 278–365 К. Для лошадиного альбумина кривая температурной зависимости содержит переход стеклования в диапазоне температур 315–345 К, при этом значения теплоемкости находятся в пределах 221–289 Дж/(мг·К).

Литература

1. Терентьев А.А., Молдогазиева Н.Т. Неравномерность дивергенции белков семейства альбуминоидных генов // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 10. – С. 63–66.
2. Сердюк И.Н., Туркин А.Н., Евсеева О.Н., Барышникова Е.Н., Селиванова О.М., Шип В.Н. Определение гидродинамических параметров белков на основе данных аналитического высокоскоростного центрифугирования // Изв. ТулГУ. Серия Физика. – 2006. – Вып. 6. – С. 168–182.

УДК 004.021

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЕКЛИППИРОВАНИЯ – МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КЛИППИРОВАННОГО СИГНАЛА

В.Е. Галюк¹

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.Б. Столбов¹

¹Университет ИТМО

В работе обсуждались возможные решения задачи восстановления клиппированных речевых сигналов. Рассмотрены методы восстановления клиппированных речевых сигналов. Сделаны выводы о применимости предложенных методов. Очерчены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: клиппирование, восстановление сигнала, метод наименьших квадратов, цифровая обработка сигналов.

Введение. Клиппирование в цифровой обработке сигналов представляет собой отсечение участков амплитуд, превышающих некоторый порог. Как правило, клиппирование приводит к ухудшению звучания и увеличению ошибки распознавания речи. Возникает, как правило, в одном из трех случаев:

- превышен динамический диапазон устройства приемника;
- в результате записи аудиофайлов без должного нормирования по амплитуде;
- с целью уменьшить динамический диапазон сигнала или добиться необходимого звучания.

Клиппирование серьезно ухудшает решение задач автоматической обработки речевого сигнала (РС):

- в задачах распознавания дикторов участки клиппирования РС отбрасываются, что способно существенно ограничить объем речевой информации, пригодной для обработки, и ухудшить эффективность распознавания;
- в задачах автоматического распознавания речи клиппирование приводит к увеличению ошибок распознавания [1].

Большинство известных алгоритмов деклиппирования применимы для восстановления аудиофайлов, **целью** работы явилось исследование возможности восстановления РС.

В качестве алгоритмов восстановления были рассмотрены интерполяция на основе фильтра линейного предсказания (ФЛП) [2] и метод наименьших квадратов (МНК) [3].

Для того чтобы амплитуда восстановленного сигнала не выходила за пределы 16-ти разрядных чисел, перед выполнением операции деклиппирования амплитуда сигнала ослаблялась.

Метод деклиппирования на основе фильтра линейного предсказания. Основная идея метода заключалась в экстраполяции сигнала с использованием ФЛП и замене клиппированных значений сигнала на экстраполированные. ФЛП обучался на участках без клиппирования и применял текущие значения сигнала для восстановления сигнала на участках клиппирования. При этом восстановленные значения сигнала использовались в буфере ФЛП для предсказания последующих клиппированных отсчетов.

Общий вид ФЛП: y_k – предсказанное значение; $\mathbf{X}_k = [x_{k-1}, x_{k-2}, \dots, x_{k-n}]^T$ – вектор k значений входного сигнала;

\mathbf{W}_k – вектор коэффициентов (размерность совпадает с вектором \mathbf{X}_k);

x_k – текущий последний элемент входных данных;

e_k – ошибка предсказания;

μ – скорость сходимости;

$y_k = \mathbf{W}_k^T \mathbf{X}_k$ – вычисление предсказанного значения;

$e_k = x_k - y_k$ – вычисление ошибки предсказания;

$\alpha = \sum (\mathbf{X}_k)^2 + x_k^2$ – нормировочный параметр;

$\mathbf{W}_k = \mathbf{W}_{k-1} + \mathbf{X}_k(0,25\mu e_k)/(\alpha+1)$ – обновление весовых коэффициентов.

Алгоритм интерполяции на основе ФЛП может быть описан следующим образом:

1. определяем количество коэффициентов ФЛП;
2. на каждой итерации вычисляем результат работы фильтра;
3. с помощью алгоритма детектирования определяем, является ли отсчет клиппированным;
4. если отсчет не клиппирован, добавляем его в буфер фильтра и в выходной сигнал;
5. иначе добавляем в буфер фильтра предсказанное значение, меняем/сглаживаем отсчеты, предшествующие клиппированной области и заменяем/добавляем значения в выходной сигнал.

В процессе тестирования при сравнении истинных значений сигнала с экстраполированными было обнаружено, что на некоторых участках предсказанный сигнал начинает отставать от исходного. Возможно, это связано с тем что для достаточной точности предсказания используется большое количество коэффициентов в фильтре (64, 128), в результате в моменты сильного перепада сигнала коэффициенты не успевают адаптироваться и замена начинается/заканчивается слишком рано. На участках сигнала, близких к периодическим, алгоритм показывает визуально приемлемый уровень восстановления.

О методе наименьших квадратов. Рассмотрим систему линейных уравнений:

$$y = \mathbf{H} x.$$

Рассмотрим случай, когда у системы нет решений, по причине того, что в матрице \mathbf{H} больше строк, чем столбцов, столбцы при этом линейно независимы.

В таком случае искать решение x можно как минимизацию энергии ошибки:

$$J(x) = \|y - \mathbf{H} x\|_2^2,$$

(обозначение $\|x\|_2^2 = \sum_n |x(n)|^2 = x^T x$).

После преобразований получаем:

$$J(x) = y^T y - 2y^T \mathbf{H} x + x^T \mathbf{H}^T \mathbf{H} x.$$

Возьмем производную по dx :

$$\frac{d}{dx} J(x) = -2\mathbf{H}^T y + 2\mathbf{H}^T \mathbf{H} x.$$

Приравняем производную нулю:

$$\mathbf{H}^T y = \mathbf{H}^T \mathbf{H} x.$$

Полагая, что $\mathbf{H}^T \mathbf{H}$ обратима получаем:

$$x = (\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T y.$$

Это и есть решение методом наименьших квадратов:

$$\min_x \|y - \mathbf{H} x\|_2^2 \Rightarrow x = (\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T y.$$

Метод наименьших квадратов для решения задачи восстановления. Пусть имеется сигнал x длиной N . Пусть K отсчетов сигнала полезные, при этом $K < N$. Тогда полезный сигнал может быть записан в виде:

$$y = \mathbf{S} x,$$

где \mathbf{S} – матрица выборок размерностью $K \times N$.

Для примера, если в сигнале длиной 5 отсчетов полезны только первый, второй и последний элемент матрица примет вид:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Несложно заметить, что матрица \mathbf{S} удалит из конечного сигнала испорченные отсчеты, так для приведенного примера $y = \mathbf{S} x$, вектор y будет состоять только из 3-х отсчетов.

Пусть у нас есть матрица \mathbf{S} и выходной сигнал y , требуется найти x , полагая, что $y = \mathbf{S} x$. Данное уравнение имеет бесконечно много решений, однако ограничимся решением МНК.

Далее для наглядности будет использовать матрицу \mathbf{S} , обозначенную выше.

Заметим, что система $\mathbf{S}^T y$ заменяет испорченные отсчеты нулями.

Определим матрицу \mathbf{S}_c , как дополнение матрицы \mathbf{S} . Матрица \mathbf{S}_c добавляет строки, удаленные из матрицы \mathbf{S} , для нашего примера она примет вид:

$$\mathbf{S}_c = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Теперь оценка входного сигнала может быть представлена как:

$$\hat{x} = \mathbf{S}^T y + \mathbf{S}_c^T v,$$

где y – имеющиеся данные, а v – данные, которые требуется восстановить.

Например:

$$\hat{x} = \mathbf{S}^T y + \mathbf{S}_c^T v = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y(0) \\ y(1) \\ y(2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v(0) \\ v(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y(0) \\ y(1) \\ v(0) \\ v(1) \\ y(2) \end{bmatrix}.$$

Проблема заключается в нахождении вектора \mathbf{v} .

Чтобы оценить недостающие данные используем МНК, заполним вектор таким образом, чтобы свести к минимуму энергию производной суммарного сигнала. Будем минимизировать энергию третьей производной, поскольку в таком случае восстановленные данные будут иметь форму параболы, так как третья производная параболы равна нулю.

Обозначим матрицу третьей производной следующим образом:

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 1 & -3 & 3 & -1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & -3 & 3 & -1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & -3 & 3 & -1 & \dots \\ \vdots & \vdots & & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}.$$

Нам необходимо найти решения:

$$\min_{\mathbf{v}} \|\mathbf{D}(\mathbf{S}^T \mathbf{y} + \mathbf{S}_c^T \mathbf{v})\|_2^2.$$

Внесем \mathbf{D} :

$$\min_{\mathbf{v}} \|\mathbf{D}\mathbf{S}^T \mathbf{y} + \mathbf{D}\mathbf{S}_c^T \mathbf{v}\|_2^2.$$

Из вышесказанного имеем:

$$\mathbf{v} = -(\mathbf{S}_c \mathbf{D}^T \mathbf{D} \mathbf{S}_c^T)^{-1} \mathbf{S}_c \mathbf{D}^T \mathbf{D} \mathbf{S}^T \mathbf{y}.$$

При восстановлении метод старается сохранять угол наклона сигнала, в результате на некоторых участках восстановленный сигнал выходил за доступный диапазон, несмотря на изначальное ослабление сигнала в 2 раза. Было принято решение в таких случаях использовать нелинейную компрессию для ослабления сигнала.

МНК показал более устойчивые результаты деклиппирования по сравнению с методом экстраполяции ФЛП (себя в визуальном плане существенно лучше). Несмотря на это, на некоторых областях восстановленные сигналы не выходят за границы клиппирования, однако процент таких областей относительно невелик. Также стоит отметить, что на небольших участках клиппирования, порядка 2–3 отсчетов, метод показывает визуально неудовлетворительное восстановление.

Однако в подавляющем большинстве случаев МНК показал визуально приемлемый уровень восстановления, в том числе на участках сигнала, где интерполяция на основе ФЛП не справлялась.

Выводы. В работе рассмотрены два метода восстановления. Сделаны выводы относительно возможности применения данных методов. Стоит отметить, что на текущий момент целью было достичь приемлемого визуального восстановления. В качестве дальнейших исследований предполагается обзор более совершенных методов восстановления, а также их объективная оценка, в том числе влияние на качество распознавания речи.

Литература

1. Narvillla M.J., Stern R.M. Least Squares Signal Declipping for Robust Speech Recognition // INTERSPEECH-2014. – 2014. – P. 2073–2077.
2. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. – 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2004. – 992 с.
3. Selesnick I. Least squares with examples in signal processing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cnx.org/content/m46131/latest/>, своб.

УДК 004.056

**АНАЛИЗ ЗАЩИЩЕННОСТИ АЛГОРИТМОВ, БАЗИРУЮЩИХСЯ
НА КОЭФФИЦИЕНТАХ ДОВЕРИЯ И РЕПУТАЦИИ****Р.И. Гатауллин¹, М.В. Назыров¹, И.И. Виксин¹****Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент И.И. Комаров¹**¹Университет ИТМО

В работе рассмотрены алгоритмы поведения агентов в мультиагентной робототехнической системе с точки зрения их защищенности. Целью работы являлось обнаружение ситуаций, при которых алгоритмы работают некорректно – группировка управляемых роботов становится недееспособной. В работе предложены пути решения вышеописанной проблемы, реализуемые улучшением существующих алгоритмов.

Ключевые слова: МРТС, МАС, рой агентов, защищенность алгоритма, алгоритмы доверия и репутации.

В работе рассмотрены алгоритмы поведения агентов в мультиагентной робототехнической системе (МРТС) с точки зрения их защищенности. Доверие является эффективным механизмом для оптимизации процесса принятия решений в мультиагентной системе (МАС), представляющей в данный момент большой исследовательский интерес [1]. Исходя из этого утверждения, для проведения анализа используется описанный в работе [2] алгоритм защиты МРТС от атак со стороны роботов-диверсантов с помощью коэффициентов доверия и репутации. Используя данный алгоритм, агенты способны устанавливать уровни доверия друг к другу, что позволяет нейтрализовать действие злоумышленников на систему в целом. На данный момент не удалось обнаружить исследований работ, рассматривающих данный подход с точки зрения его устойчивости к появлению различного количества диверсантов. В данной работе предполагалось проведение анализа с помощью разработки и эксплуатации симулятора работы МРТС. Такой подход позволит визуализировать процесс работы алгоритма и получить наглядные результаты. Авторами работы для алгоритма определена целевая функция как отношение опознанных нарушителей N_{is} к их общему числу N_s :

$$F = \frac{N_{is}}{N_s}.$$

Из анализа функции становится очевидным, что в случае, когда все нарушители опознаны, она принимает значение, равное единице; если не опознан ни один нарушитель, равна нулю. Учитывая перспективность применения для МРТС алгоритмов, основанных на доверии и репутации агентов, представляет научный интерес комплексное исследование факторов, определяющих работу данных алгоритмов. Робот-нарушитель (имеющий тип «диверсант») пытается ввести в заблуждение оставшихся членов роя, предоставляя им ложную информацию, тем самым ухудшая производительность всей группировки. В свою очередь, роботы с типом «обычный» пытаются распределить поставленные перед ними задачи и определить диверсантов в рое для сохранения эффективности. С учетом начальной конфигурации агентов в пространстве, а также наличия диверсантов возможна ситуация, при которой не будет опознан ни один диверсант – в таком случае вся группировка роботов становится неработоспособной.

Целью работы являлась задача обнаружения подобных ситуаций. Это необходимо для дальнейшего улучшения существующих алгоритмов и возможности расширить функционал их применения на практике.

Изначально в ходе работы алгоритма всем агентам выставляется дистанция, в которой они могут видеть своих соседей. Массив **D** хранит расстояние до целей от каждого робота: обычные агенты записывают в массив реальные значения, для диверсантов в него записываются случайные значения от 0 до 10. Формируется матрица

V: диверсанты ставят всем «правильным» соседям «-1», всем диверсантам же, даже не являющимися соседями – «1»; «правильные» агенты считают расстояние каждого соседа до целей и, если оно совпадает со значением в массиве **D**, то ставят им «1» в матрице **V**, если же нет, то «-1». Далее происходит анализ матрицы **V** и заполнение матрицы **S**. Если два робота поставили друг другу в матрице **V** положительные оценки, то значения в соответствующих ячейках увеличивается на один, если же отрицательные, то значение уменьшается на один. Если эти роботы выставили какому-то третьему роботу одинаковую оценку в матрице **V**, то значения в ячейках матрицы **S** увеличатся на один, если разные, то уменьшатся. Затем на основе **S** вычисляются репутации каждого агента (**Q**). Репутация равна отношению суммы всех положительных оценок к сумме положительных оценок и модулей отрицательных. Дальше заполняется матрица **H** следующим образом: если робот *j* поставил в матрице **V** роботу *i* положительную оценку, то $H[i,j] = 1$, в другом случае $H[i,j] = 0$. Таким же образом матрица **G** собирает отрицательные оценки. Далее высчитываются значения для матриц конечных оценок соседних роботов **P** и **L** и, в конечном итоге, значения массива **W**, содержащего значения степени доверия к каждому агенту:

$$P[i] = \sum_{j=0}^N H[i,j] * Q[j], \quad L[i] = \sum_{j=0}^N G[i,j] * Q[j], \quad W[i] = \frac{P[i]}{P[i] + L[i]}.$$

Если значение элемента $W[i]$ больше заранее predeterminedного значения (в серии экспериментов оно принимается равным 0,5), то делается вывод, что робот относится к типу «честных», в обратном случае – «диверсантов».

Для реализации алгоритма в программной среде была использована компьютерная модель симулятора работы МРТС, за основу которой взята компьютерная модель, имитирующая работу P2P-сети. Функционал разработанного симулятора позволяет создавать и размещать на рабочем пространстве группировку роботов разных типов, а также цели, до которых им необходимо дойти в рамках поставленной задачи. Симулятор поддерживает наличие агентов, осведомленных о своей цели и передающих о них корректные данные, и диверсантов, передающих неверные данные о цели. Они расставляются на поле так, чтобы исключить возможность коллизий – каждый агент имеет критический радиус, в рамках которого нет соседей. Также каждый агент определен таким параметром, как радиус коммуникации с другими агентами. Рой определяется размерностью, количеством диверсантов, а также расстановкой роботов, которая для каждого эксперимента будет случайной. На слайде определены параметры, которые изменяются в серии экспериментов. Предполагается, что каждый из этих параметров способен повлиять на конечные результаты.

Вариант полученной модели позволяет реализовать механизм, при котором каждый агент определяет дальнейший вектор своего движения относительно репутации, которой обладают агенты, находящиеся в радиусе взаимодействия. Для агентов каждая итерация проходит в три этапа: обмен с соседями информацией о себе (расстояние до цели); проверка информации по соседям (анализ оценки); построение модели репутации. В результате действия алгоритма каждый агент делает выводы об окружении, определяя роли для каждого из агентов в зоне доступности, при этом выводы не обязательно будут соответствовать реальным ролям – многое зависит от того, каким будет соотношение агентов-диверсантов и легитимных агентов в окружении. Результаты, полученные в ходе работы каждой из этих моделей, дают возможность оценить степень верного распределения ролей для каждого агента в конкретных условиях функционирования МРТС.

В серии экспериментов изменялись такие параметры, как радиус взаимодействия, количество агентов, представляющих рой и процент диверсантов среди общего числа агентов. Подобный выбор параметров обусловлен исследованиями, проведенными в работах [3, 4]. В каждом эксперименте расположение роботов являлось случайным.

Фиксировались результаты, отражающие процент правильно выявленных легитимных агентов, агентов-диверсантов, а также среднее число агентов различного типа, попадающих в радиус взаимодействия.

По результатам работы были сделаны нижеописанные выводы.

1. Определено влияние радиуса взаимодействия на процент найденных диверсантов: при значении радиуса в 200 единиц однозначно определяются все диверсанты вне зависимости от общего числа агентов. Общая зависимость представлена на рис. 1.

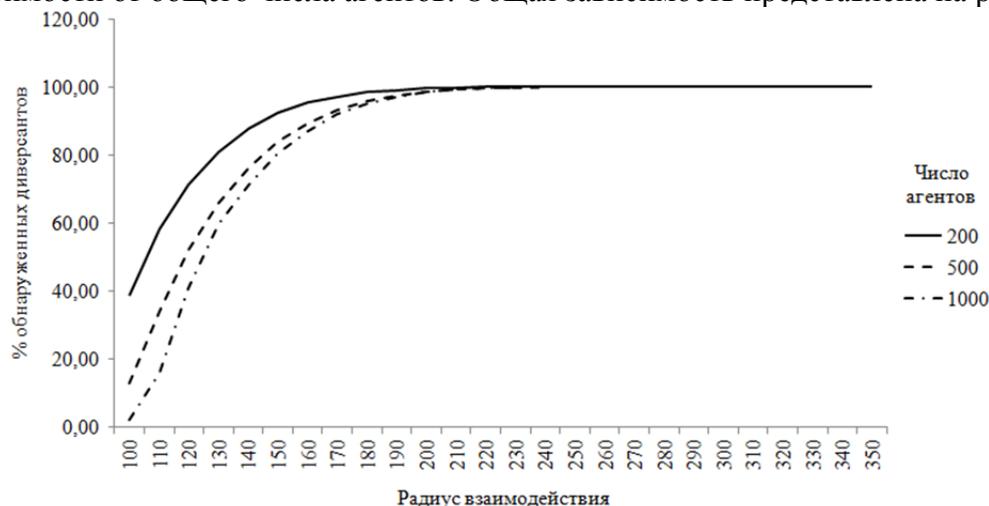


Рис. 1. Влияние радиуса взаимодействия на процент диверсантов

2. Выявлена зависимость процента обнаруженных диверсантов от среднего количества соседей. Определено, что для однозначного выявления всех диверсантов необходимо, чтобы среднее количество соседей у агентов превышало их число в два раза.
3. Количество целей, достигаемых агентами, не влияет на процент обнаруженных диверсантов. Для различного числа целей среднее число опознанных нарушителей было схожим (рис. 2).

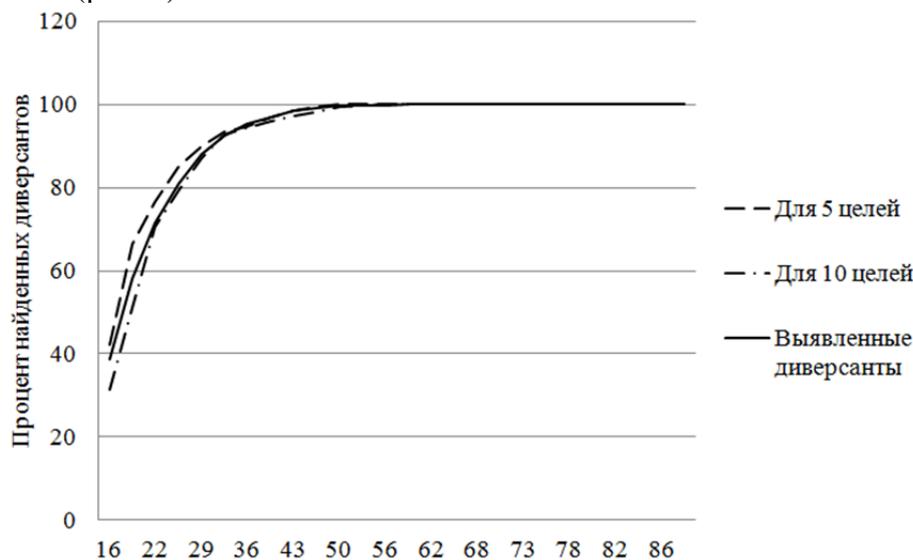


Рис. 2. Влияние количества целей на процент диверсантов

4. Наибольшее влияние на возможность работы используемого алгоритма оказывает общий процент диверсантов в рою агентов. В зависимости от процентного соотношения диверсантов среди всего роя выделяются три возможных варианта поведения системы: в диапазоне до 10% рой способен опознать каждого злоумышленника на первом шаге работы системы; в диапазоне от 10 до 50%, в зависимости от взаимного расположения агентов на пространстве, не все диверсанты

могут быть определены сразу; рой, содержащий более 50% диверсантов, не способен опознать ни одного диверсанта и, следовательно, перестает выполнять задачи.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что с помощью разработанного симулятора поведения МАС были получены результаты анализа защищенности данного алгоритма, базирующегося на коэффициентах доверия и репутации. Из представленных выше выводов следует, что с увеличением числа диверсантов общая защищенность алгоритма уменьшается, а на определенном этапе она практически отсутствует. Тем не менее, говорить о некотором однозначном получении результатов по обнаружению диверсантов (со стопроцентной вероятностью для каждого из агентов) нельзя без привязки к размерности множества соседей. Полученные данные необходимо применить для дальнейших исследований. В их числе дальнейшее исследование влияния количества диверсантов на работоспособность роя – построение целей на рабочем поле и организация движения роботов до целей. Также планируется модификация алгоритма определения доверия и репутации с учетом глобальных коэффициентов или случаев, когда роботы не способны опознавать друг друга. Одним из перспективных направлений для дальнейшей работы является создание физических прототипов роботов, использующих данный алгоритм для эффективного взаимодействия в агрессивной среде.

Литература

1. Brambilla M., Ferrante E., Birattari M., Dorigo M. Swarm robotics: a review from the swarm engineering perspective // *Swarm Intelligence*. – 2013. – V. 7. – № 1. – P. 1–41.
2. Zikratov I.A., Lebedev I.S., Gurtov A. Trust and Reputation Mechanisms for Multi-agent Robotic Systems // *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. – 2014. – V. 8638. – № LNCS. – P. 106–120.
3. Couzin I.D., Krause J., Franks N.R., Levin S.A. Effective leadership and decision-making in animal groups on the move // *Nature*. – 2005. – V. 433. – P. 513–516.
4. Ferrante E., Turgut A.E., Huepe C., Stranieri A., Pinciroli C., Dorigo M. Self-Organized Flocking with a Mobile Robot Swarm: a Novel Motion Control Method // *Journal Adaptive Behavior – Animals, Animats, Software Agents, Robots, Adaptive Systems archive*. – 2012. – V. 20. – № 6. – P. 460–477.

УДК 141.201

СИСТЕМА ЦЕННОСТЕЙ СУБЪЕКТИВНОГО ИДЕАЛИЗМА

Е.Д. Гончаров¹

Научный руководитель – д.ф.н., профессор Н.В. Филичева¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрена проблема взаимосвязи реального и ценностного миров, выделена отдельная оригинальная система ценностей субъективного идеализма, которая сравнивается с классическими системами ценностей объективного и трансцендентального идеализма. Выполнен анализ концепции солипсизма как крайнее и наиболее последовательное субъективистское течение, сделана попытка классификации ценностей в ее контексте.

Ключевые слова: философия, аксиология, ценность, реальность, субъективный идеализм, солипсизм.

Как ясно из названия, настоящая работа строилась вокруг аксиологии – т.е. философской дисциплины, занимающейся проблемой ценности. Данная дисциплина зиждется на идее расщепления бытия на две части: собственно реальность и ценность, посредством которой происходит переосмысление реальности [1]. Совершенно неудивительно, что аксиология основное внимание уделяет именно второй части,

однако, на наш взгляд, это не вполне справедливо: потому как для того, чтобы оценивать реальность, в первую очередь необходимо четко понимать, что эта реальность из себя представляет.

На этот счет в современной философии есть несколько конкурирующих взглядов: материализм, утверждающий первичность материи, идеализм, напротив, провозглашающий первичность идей, и своего рода компромиссная позиция – реализм. В некоторых крайних случаях противоречия этих направлений могут вызывать существенные отличия между системами ценностей, построенных на их основе. Однако поскольку главным образом данные противоречия касаются именно первенства того или иного начала, еще более существенными на их фоне видятся отличия между течениями внутри самого идеализма – а именно между его объективным и субъективным крылом.

Дело в том, что субъективный идеализм вообще достаточно далеко отстоит от всех вышеупомянутых направлений философской мысли, поскольку всех их объединяет убеждение в существовании некоторой объективной реальности, не зависящей от воли и разума субъекта, которую как раз и может оценить аксиолог. Но субъективный идеалист в принципе отрицает существование такой реальности или, по крайней мере, возможность ее познания, что также автоматически ставит ее под сомнение. Такое существенное отличие обуславливает принципиально другой подход аксиологического исследования в контексте данного мировоззрения, что дает нам право говорить о, по крайней мере, двух совершенно разных системах ценностей: субъективного идеализма и объективистских концепций.

Исторически аксиология формировалась как значимая дисциплина в рамках Баденской и Марбургской школ неокантианства, поэтому в онтолого-гносеологическом отношении тяготела к кантовскому трансцендентальному идеализму [2]. Такую позицию можно считать компромиссной между объективистским и субъективистским подходами, поскольку она утверждает существование непосредственно ощущаемого мира феноменов, что роднит ее с субъективным идеализмом, но и непознаваемого мира ноуменов, что является связующим звеном с позицией субъективного идеализма. Тем не менее необходимо понимать, что корень доктрины субъективного идеализма лежит в первую очередь в скептицизме, а потому позитивное утверждение о существовании объективного (хоть и непознаваемого) мира ноуменов сильно выбивается из этой концепции, что дает нам повод полагать, что классический трансцендентальный идеализм аксиологии существенно ближе к объективистской системе ценностей, чем субъективистской, а это значит, что последняя тем более нуждается в отдельном и внимательном рассмотрении.

Говоря о субъективном идеализме, необходимо помнить и о неоднородности внутри него самого: фактически это собирательное название для группы отдельных философских систем, в которую может входить как, например, идеализм Фихте, так и крайний субъективный идеализм Штирнера, называемый зачастую просто солипсизмом [3]. Однако как можно заметить, из уст критиков субъективного идеализма вообще достаточно часто звучат обвинения в солипсизме – это слово уже успело стать своеобразным ругательством в философском дискурсе, а обвиненные стремятся как можно скорее себя оправдать.

Например, обвинениям в солипсизме в свое время были подвергнуты Беркли и Декарт, чьи философские концепции были действительно близки к крайнему субъективному идеализму, однако при помощи ловкой апелляции к богу, который может служить гарантом действительного существованию мира, им удалось парировать такое обвинение. При всей изысканности такой уловки, она очевидно непоследовательна, поскольку полагается в доказательстве на сущность, еще менее доказуемую, чем сам объективный мир. В свою очередь, мы хотим этим сказать лишь то, что, несмотря на негативную коннотацию термина «солипсизм» в философской среде, наиболее

последовательный субъективный идеализм всегда вырождается в солипсизм, а для любого мыслителя гораздо неприятнее должно быть обвинение не в солипсизме, а именно в непоследовательности.

В связи с этим говоря о системе ценностей субъективного идеализма, разумнее всего обсуждать наиболее «чистый» субъективизм – т.е. солипсизм. Кроме того, чтобы явственнее увидеть отличия в системах ценностей, основанных на различных отношениях к реальности, предпочтительно взять именно «граничные условия»: т.е. на одной стороне – крайний объективный идеализм платоновского толка, где идеи красоты и блага существуют отдельно от своих мнимых подобий в материальном мире, а на другой – крайний субъективный идеализм в штирнерской интерпретации, выражающийся существованием только Единственного, сводящего существование остального мира в онтологическом плане лишь к продолжению себя и своего могущества – к своей собственности. Очевидно, что системы ценностей в данных системах координат будут существенно отличаться – попробуем хотя бы кратко охарактеризовать такую систему для последовательного солипсизма.

Солипсисту чужды внешние понятия блага и красоты, являющиеся ключевыми аксиологическими категориями – поскольку они автоматически относились бы к несуществующему объективному миру. Следовательно, его ценности определяются исключительно через некое имманентное чувство, достаточно непосредственное, чтобы при описании его не прибегать к каким-либо внешним построениям. При этом в отличие от объективно существующих и независимых друг от друга благ, воспринимаемых солипсистом лишь как собственные раздражители, данное чувство всегда едино. Отсутствие уверенности в существовании раздражителей мешает солипсисту назвать их ценностями, однако же, единственной ценностью становится то самое чувство, приятное субъекту ощущение от взаимодействия с ними – другими словами удовольствие. Не стоит понимать под этим чувством что-либо слишком узкое, физиологическое – при видимом единстве оно может иметь множество оттенков, также как и упомянутые раздражители могут быть совершенно различны.

Таким образом, фактически, принципиальное отличие систем ценностей объективистского и субъективистского течений заключается в отношении к проблеме носителя ценности и ее локализации, которая достаточно остро стоит в рамках аксиологической онтологии [4]. А поскольку в контексте субъективного идеализма ценность имманентна субъекту оценки и практически является синонимом удовольствия (в широком смысле этого слова), при построении такой системы ценностей нет возможности создавать обширные ее классификации – что, напротив, часто происходит в системах объективного идеализма. Причиной этому является отсутствие в глазах солипсизма сущностных отличий между одной ценностью и другой, поскольку обе они выражены удовольствием. Однако возможна более узкая классификация удовольствия по признакам, не затрагивающим сущностных отличий и имеющим непрерывный градиционный характер (подобные темы обсуждались, например, Бергсоном) [5]. К таким признакам можно отнести, во-первых, интенсивность удовольствия, во-вторых, его продолжительность, и, в-третьих, наиболее спорный признак характера раздражителя (физическое и психологическое удовольствие).

Итак, мы постарались показать, что построение полноценной ценностной системы невозможно лишь в аксиологическом ключе без учета проблем определения реальности, находящихся на стыке онтологии и гносеологии. При этом возникает необходимость обсуждения достаточно оригинальной системы ценностей в концепции субъективного идеализма, основанной на чувстве удовольствия. В дальнейшей разработке данного вопроса важно отграничиться от вульгарных гедонистических обоснований, в чем может помочь предложенный в данной работе набросок классификации ценностей.

Литература

1. Алексеев А.П. Краткий философский словарь – М.: Проспект, 2009. – С. 10–11.
2. Малахов В.С., Филатов В.П. Современная западная философия: Словарь. – М.: Политиздат, 1991. – С. 12.
3. Поляков Д.Б. Личность в анархо-индивидуалистической интерпретации Макса Штирнера // Гуманитарный вектор ЗабГУ, серия «Философия. Культурология». – 2013. – № 2(34). – С. 22.
4. Шохин В.К. Философия ценностей и ранняя аксиологическая мысль. – М.: РУДН, 2006. – С. 16.
5. Бергсон А. Собрание сочинений. Т.1. Опыт о непосредственных данных сознания. – М.: Московский клуб, 1992. – С. 51–110.

УДК 004.93'12

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ МИКРОДЕФЕКТОВ НА СНИМКАХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

О.О. Гранкина¹, Т.О. Гранкина¹

Научный руководитель – ассистент Д.В. Кириллов¹

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Разработана подсистема распознавания микродефектов на поверхности покрытий, полученных методом ионно-плазменного напыления. Подобные микродефекты снижают качество покрытия и ограничивают применение метода. Для решения поставленной задачи был выбран метод бинарной классификации признаков, предложенный Виолой и Джонсом. Для улучшения качества распознавания использовалось преобразование снимка с помощью детектора границ Кэнни. Обучение каскада проводилось на контурных изображениях. Было проведено тестирование программы, которое показало, что процент верных срабатываний составил более 95%, а процент ложноположительных срабатываний составил менее 5%. При наличии такой подсистемы можно говорить в дальнейшем о создании полноценной системы для автоматизированной оценки характеристик покрытия, которая позволит быстро проводить оценку качества покрытия.

Ключевые слова: ионно-плазменное напыление, капельная фаза, распознавание образов, признаки Хаара, алгоритм AdaBoost.

Введение. Производство деталей машин, инструментов, которые работают при значительных нагрузках, в экстремальных условиях, изготовление деталей оптической промышленности невозможно без использования различных функциональных покрытий. Одной из наиболее эффективных и перспективных технологий получения таких покрытий является вакуумно-дуговое осаждение покрытий. Помимо ионной фазы в потоке плазмы присутствуют микрокапли материала катода, которые осаждаются на поверхности детали и снижают функциональные свойства покрытий [1, 2]. Для исследования и оценки количества дефектов на покрытии, плотности их распределения, их размеров на микроскопах делается ряд снимков поверхности покрытия. Для получения объективных показателей необходимо иметь экспериментальные выборки большого размера для каждого исследуемого образца. Исходя из требуемых объемов измерений, возникает практический интерес к процессу автоматизации распознавания микрообразований на цифровых изображениях.

Постановка задачи. Перед разрабатываемым программным обеспечением ставилась задача детектирования микрообразований на цифровых изображениях плазменных покрытий и получение их геометрических размеров. Программа должна

обрабатывать как полутоновые изображения, яркостные, так и изображения, не обладающие характерными яркостными контрастами. При этом должны детектироваться микрообразования определенной формы и игнорироваться всевозможные загрязнения.

Примеры микрофотографий для обработки представлены на рис. 1. На рис. 1, а, на алюминиевом покрытии, нанесенном вакуумно-дуговым методом, проявляются зерна, и стоит дополнительная задача, отличить зерно от микрокапли. На рис. 1, б, на кремниевом покрытии наблюдаются микрокапли с размытыми границами и следы интерференции, крупные загрязнения, которые не должны детектироваться. На рис. 1, г, наблюдаются сильно «засвеченные» микрокапли, а на рис. 1, в, наоборот, темные капли на светлом фоне.

Анализ изображений плазменных покрытий показал наличие преобладания объектов, не содержащих достаточное количество устойчивых неконтрастных областей различных масштабов. Имеется много частиц со светлым центром и темным контуром, также много частиц почти однотонных, как светлых, так и темных. Такая ситуация определяется не только различными типами микрочастиц, но и условиями съемки. Изображение одного и того же участка покрытия может кардинально меняться при смене режима работы микроскопа (например, оптический и конфокальный режим работы).

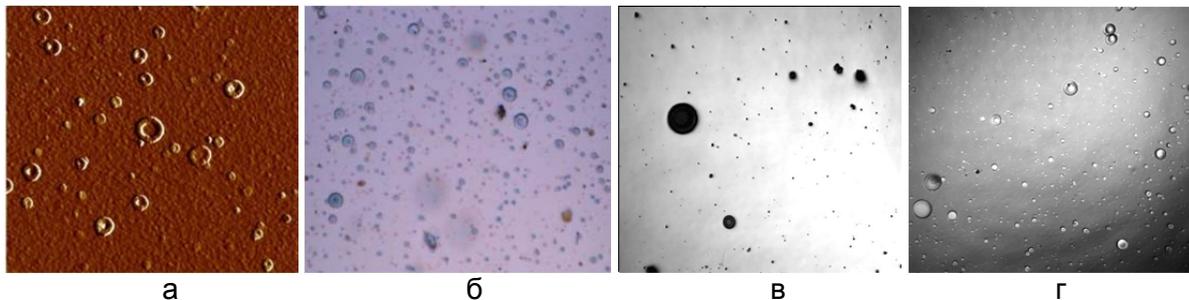


Рис. 1. Примеры: яркостных изображений, полученных на атомно-силовом микроскопе (а) и лазерном сканирующем микроскопе в оптическом режиме (б); полутоновых изображений, полученных на лазерном сканирующем микроскопе в конфокальном режиме (в, г)

Описание предлагаемого метода решения. Для решения поставленной задачи был выбран метод бинарной классификации признаков, в основе которого лежат идеи, предложенные Виолой и Джонсом в начале 2000-х годов [3]. Разработанная ими схема построения детектора позволяет существенно сократить его вычислительную сложность с сохранением обобщающей способности, и основана на следующих положениях:

1. описание локальных особенностей изображения с помощью простых функций Хаара, которые могут быть эффективно рассчитаны через интегральную матрицу;
2. использование алгоритма бутсинга AdaBoost для построения сильного классификатора из слабых классификаторов, использующих функции Хаара для обнаружения искомых объектов;
3. организация детектора в виде каскада из нескольких сильных классификаторов с различной мощностью, для быстрого отсева фоновых участков изображения на ранних стадиях.

Признаки Хаара – признаки цифрового изображения, вычисляемые с помощью функций, схожих по своей структуре с двумерными вейвлетами Хаара. Каждый вычисляемый признак H представлен комбинацией прямоугольников h_i . При подсчете признака окно h скользит по изображению, и вычисляется среднее значение пикселей, покрываемых каждым прямоугольником (рис. 2, а). Прямоугольникам соответствуют

веса $w_i \in \{-1, +1\}$, определяющие с каким знаком войдет среднее значение пикселей в общую сумму. Сумма пикселей, находящихся в пределах белых прямоугольников, вычитается из суммы пикселей в черном прямоугольнике. Согласно свойству интеграла от масштабирующих функций, веса удовлетворяют условию нулевой суммы:

$$\sum_{k=1}^N w_k = 0. \quad (1)$$

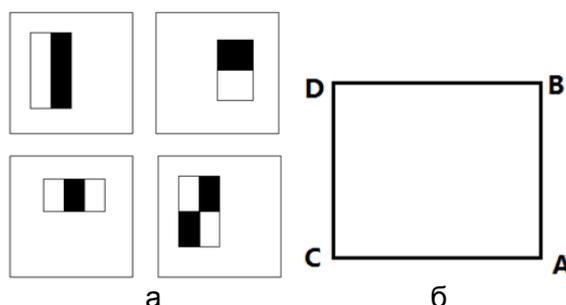


Рис. 2. Пример: прямоугольных признаков (а); для расчета интегрального изображения (б)

Преимущество использования признаков Хаара в том, что для них имеется эффективные вычислительные схемы. Виола и Джонс предлагают использовать интегральное изображение для ускорения процедуры подсчета признаков. В интегральном представлении изображений формируется матрица размера, совпадающая по размерам с исходным изображением. Каждый элемент матрицы $L(x, y)$ представляет собой сумму пикселей в прямоугольнике от $(0, 0)$ до (x, y) , т.е. значение каждого пикселя (x, y) равно сумме значений всех пикселей левее и выше пикселя (x, y) включительно. Элементы матрицы рассчитываются следующим образом:

$$L(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} A(i, j). \quad (2)$$

Пусть A, B, C, D – значения интегрального изображения в углах прямоугольника (рис. 2, б), тогда сумма значений пикселей в исходном изображении вычисляется как:

$$L = A - B - C + D. \quad (3)$$

Скорость расчета интегрального изображения не зависит от масштаба прямоугольника. В методе Виола–Джонса признаки Хаара организованы в каскадный классификатор, представляющий собой дерево принятия решений. Необходимо обучить такой классификатор, который будет реагировать только на определенное, нужное подмножество всех признаков. Алгоритм бутсинга – схема построения сильного классификатора за счет комбинирования слабых классификаторов. Обучение состоит из нескольких этапов усиления. На каждом этапе выбирается слабый классификатор, который лучше всех сработал на примерах, оказавшихся трудными для предыдущих классификаторов. Этот показатель записывается с помощью весов, приписанных примерам из обучающей выборки. Общий классификатор составляется как взвешенная линейная комбинация слабых классификаторов [4].

Работа каскада начинается с простых классификаторов, которые отбрасывают часть отрицательных окон, при этом принимая почти все положительные окна. Положительный отклик первого классификатора запускает вычисление второго, более сложного, классификатора, и т.д. Отрицательный отклик на любом этапе приводит к немедленной отбраковке окна, т.е. медленные классификаторы применяются только к некоторым окнам, что дает существенное ускорение.

Подход для построения признаков. Классификатор Виолы–Джонса с использованием признаков Хаара, построенных по яркостному изображению, чувствителен к характерным перепадам яркости – когда одна часть изображения всегда темнее другой. Решением является такое преобразование изображения, при котором значимыми становятся направления границ, а не яркостный перепад на них [5]. В работе для этих целей применялся детектор границ Кэнни, который позволяет

существенно отличающимся друг от друга по цветовым характеристикам микрочастицам, ставить в соответствие очень похожие контурные изображения. При этом будем иметь только два цвета – черный и белый. Применяв такой подход, получим более устойчивую картину при имеющемся разнообразии объектов, при котором сможем устойчиво обучить классификатор.

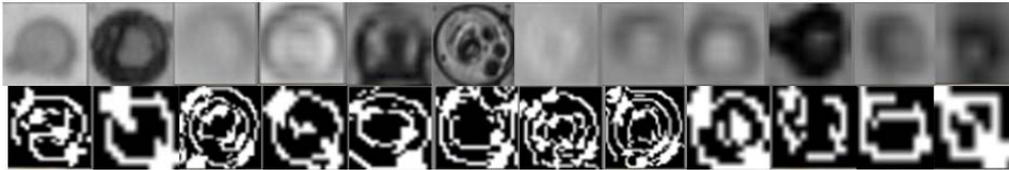


Рис. 3. Пример яркостных и контурных изображений обучающей выборки

При генерации изображений для обучающей выборки (рис. 3) при работе детектора Кэнни использовались следующие параметры: ядро фильтра, равное 5, параметр σ для сглаживания 1, верхний уровень для отсечения – 30, нижний – 10. Для обучения каскада Хаара параметр `minhitrate` был выбран 0,999, `maxFalseAlarmRate` 0,45, размер примитива 7×7 пикселей.

Основной результат. Была разработана программа, позволяющая детектировать микрообразования на микрофотографиях плазменных покрытий, вычислять их характерные размеры. При разработке использовался wrapper Emgu CV – кроссплатформенный wrapper для .NET библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Программа предоставляет возможность сохранить результаты измерений в файл, удалять капли из выборки, имеется два метода добавления новых микрокапель. На рис. 4 показаны результаты работы программы.

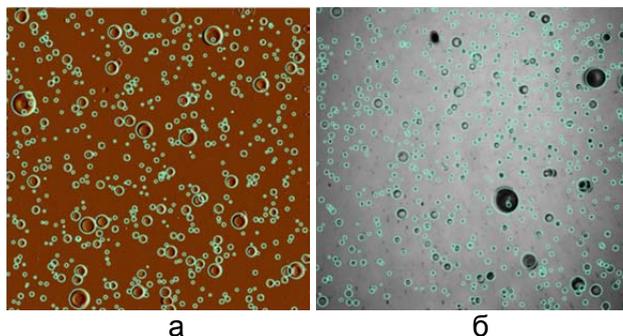


Рис. 4. Результаты работы программы

Для тестирования разработанной программы использовалась подборка из микрофотографий в разных режимах работы микроскопов, увеличениях и условиях освещения. Для каждого режима было взято по 10 фотографий. На каждой микрофотографии может содержаться от нескольких сотен до нескольких тысяч изображений микрокапель. Ложноположительными срабатываниями считались найденные объекты, которые в реальности являются загрязнением, неровностью поверхности, либо за одну каплю было приняты несколько рядом расположенных мелких капель, либо капля была обведена окружностью диаметром, не соответствующим реальному диаметру объекта. Проверка результатов работы проводилась вручную с помощью специального дополнительного функционала программы (возможность удаления, добавления объектов и учета изменений). По результатам тестирования было определено, что уровень ошибок первого рода не превышает 5%, а число верных срабатываний выше 95%. Такой уровень срабатываний был принят приемлемым для получения характеристик покрытия с требуемой точностью.

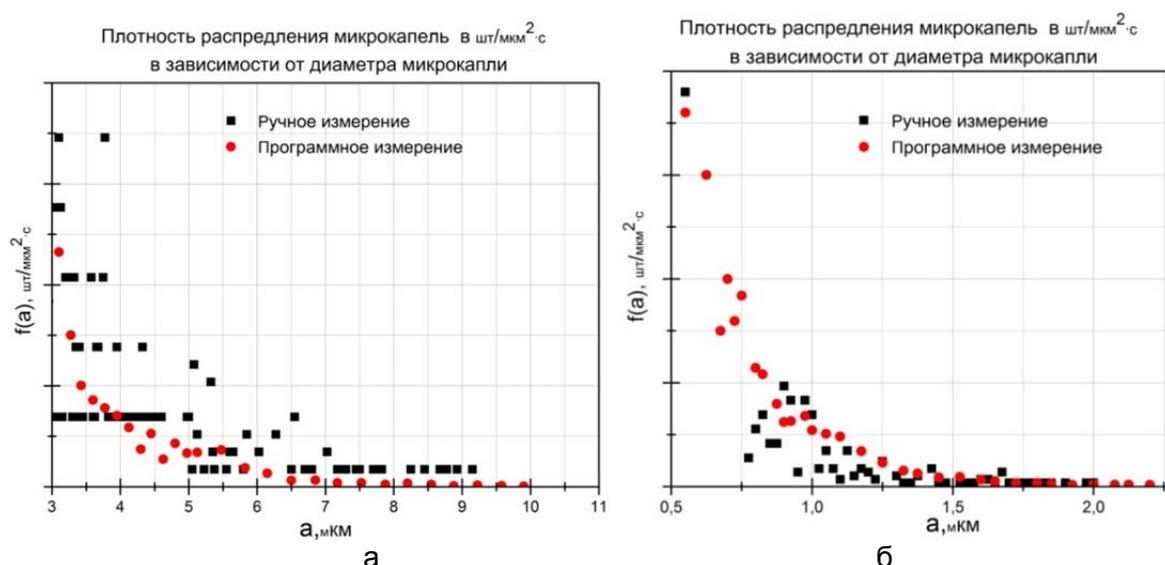


Рис. 5. Сравнение ручного и программного измерения

По полученным данным были построены графики зависимости плотности распределения микрокапель на кремниевом покрытии от диаметров капель и сравнены с результатами ручного измерения. По рис. 5 видно, что ручное измерение дает менее точный результат. Точки во многих диапазонах либо завышены, либо занижены, так как из-за человеческого фактора капли, имеющие различие в диаметрах на изображении в несколько пикселей, были отнесены в соседние диапазоны. При программной обработке различимость капель по диаметрам ограничивается масштабом снимка (мкм/пиксель).

Заключение. Разработанная программа детектирует и вычисляет характерный размер микрообразований. Пользователю предоставляются инструменты для работы с полученной выборкой и рабочим проектом. Было проведено тестирование программы, которое показало, что процент верных срабатываний составил более 95%, а процент ложноположительных срабатываний составил менее 5%. При наличии такой подсистемы можно говорить в дальнейшем о создании полноценной системы для автоматизированной оценки характеристик покрытия.

Литература

1. Духопельников Д.В., Кириллов Д.В., Марахтанов М.К., Воробьев Е.В., Булычѳв В.С. Вакуумная дуга на поликристаллическом кремниевом катоде // Наука и образование: научное изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2014. – № 11. – С. 188–197.
2. Духопельников Д.В., Кириллов Д.В., Рязанов В.А., Чжо В.Н. Оптимизация траектории движения катодного пятна для повышения равномерности выработки катода вакуумного дугового испарителя // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – № 10(22). – С. 42.
3. Viola P., Jones M.J. Robust Real-Time Face Detection // Int'l J. Computer Vision. – 2004. – V. 57(2). – P. 137–154.
4. Freund Y., Schapire R.E. A Decision-Theoretic Generalization of On-line Learning and an Application to Boosting // Journal of Computer and System Sciences. – 1997. – V. 55(1). – P. 119–139.
5. Гладилин С.А., Котов А.А., Николаев Д.П., Усилин С.А. Построение устойчивых признаков детекции и классификации объектов, не обладающих характерными яркостными контрастами // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2014. – № 2014/01. – С. 61–72.

УДК 621.313.223.2

**РАЗРАБОТКА МОДУЛЕЙ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ ПЛАТФОРМЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ****А.А. Грибовский¹**¹Университет ИТМО

В работе описаны основные положения концепции адаптивной платформы технологического оборудования ADARTEQ. Сформулирован перечень задач, которые необходимо решить для реализации ADARTEQ.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, индустрия 4.0, системы с числовым программным управлением, киберфизические системы.

Адаптивная платформа технологического оборудования (ADaptive Platform of Technological Equipment, ADARTEQ) представляет собой программно-аппаратный комплекс для создания различных видов технологического оборудования и средств технологического оснащения [1]. Основа ADARTEQ – универсальное шасси, которое играет роль механизма перемещения рабочих органов (сменных модулей), определяющих тип оборудования.

Структура адаптивной платформы. ADARTEQ представляет собой совокупность двух базовых (шасси и система управления) и двух параметризуемых частей (рабочий орган и программное обеспечение) [2].

Для шасси должны быть прописаны габаритные размеры, места для крепления рабочих органов, а также механические и электрические характеристики приводов.

Для универсального модуля управления должны быть стандартизованы:

- электрические соединители, позволяющие подключать к нему шасси и вспомогательные блоки;
- сигналы (протоколы), с помощью которых осуществляется управление;
- внутреннее и внешнее представление управляющей программы;
- параметры и протокол связи с персональным компьютером.

Для рабочего органа (сопрягаемое с шасси и модулем управления устройство, которое определяет назначение оборудования) должны быть стандартизованы:

- максимальные габаритные размеры;
- посадочные места, а также способ сопряжения с модулем управления. Рабочий орган – наиболее сложная часть, поэтому он требует наиболее полного описания и стандартизации.

На конструкцию рабочего органа должны быть наложены определенные ограничения [3], позволяющие обеспечить интеграцию с шасси и модулем управления. К таким ограничениям можно отнести, например, следующие:

- максимальная масса;
- напряжение питания;
- количество и мощность используемых шаговых или серводвигателей.

Для обеспечения универсальности платформы требуется совокупность программного обеспечения, обеспечивающего подготовку управляющих программ на языке ISO-7bit [4] и управление микроконтроллером универсального модуля управления (так называемая «прошивка»).

Система управления. Основной особенностью проекта ADARTEQ является адаптивность, поэтому от системы управления требуется гибкость и возможность обеспечить качественную работу оборудования при различных условиях. Такой подход реализуется за счет формирования модульной системы управления и использования универсальных интерфейсов взаимодействия.

Так как система управления современным технологическим оборудованием должна быть простой, но безопасной, то ее аппаратная часть разделяется на два отдельных модуля:

1. модуль отказоустойчивости;
2. модуль пользовательского взаимодействия.

Модуль отказоустойчивости. Для любого оборудования, которое взаимодействует с человеком, первоочередной задачей является обеспечение безопасности. Особенно это важно для технологического оборудования, так как его использование сопряжено с повышенным риском. Из-за этого необходимо обеспечение высокой степени отказоустойчивости при различных внештатных ситуациях. В проекте ADAPTEQ данное требование реализуется за счет выделения модуля прямого управления всеми узлами в реальном времени. Прототип данного модуля построен на базе высокопроизводительной исследовательской платы STM32F4-Discovery с установленной системой RTOS (Real-time operating system). За счет этого все события, которые происходят с платформой и ее компонентами, обрабатываются в реальном времени и сразу же анализируются для быстрого перехода к аварийному останову или отключению при появлении подобной необходимости. В штатном же режиме модуль становится ретранслятором данных к модулю пользовательского взаимодействия или от него, что обеспечивает максимальный уровень удобства использования.

Модуль пользовательского взаимодействия. Данный модуль должен обеспечивать полное управление системой в процессе штатного использования с предоставлением удобного интерфейса всем пользователям. Так как задача разработки модуля взаимодействия технологического оборудования с внешней информационной средой очень важна для современного производства и является ключевой для любых киберфизических систем [5–7], то в рамках ADAPTEQ был сформирован проект разработки подобного модуля. Данный проект важен как для ADAPTEQ, так и для других видов современного технологического оборудования, поэтому он получил название «Глобальный унифицированный машинный интерфейс» (Global Unified Machine Interface, GUMI). Проект GUMI может функционировать как в рамках ADAPTEQ, так и вне его, что обеспечивается унификацией используемых подходов и методов разработки. На пользовательском уровне GUMI представляет собой человеко-машинный интерфейс взаимодействия, однако в глобальном смысле реализуется машинно-машинное взаимодействие. Общая схема GUMI и ее использование при проектировании ADAPTEQ или другого технологического оборудования представлены на рис. 1.

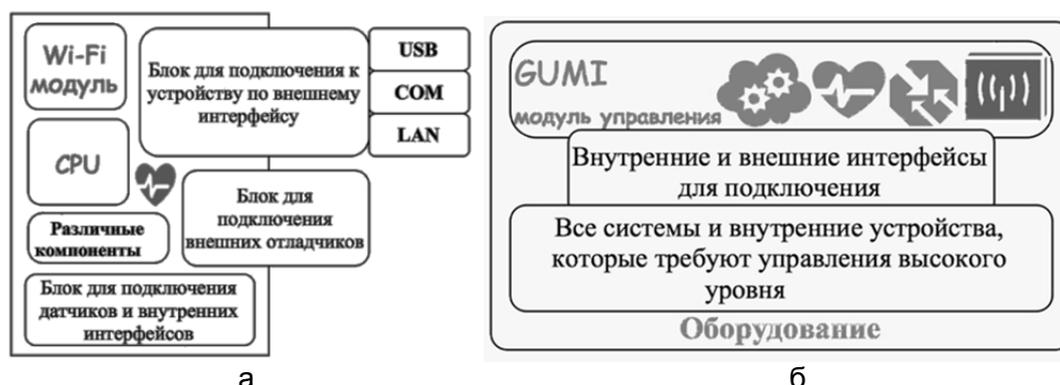


Рис. 1. Общая схема GUMI (а) и структура технологического оборудования с точки зрения использования GUMI (б)

В качестве прототипа GUMI предполагается использовать одноплатный миникомпьютер Raspberry Pi, который имеет основные интерфейсы для подключения необходимых датчиков, а также встроенный беспроводной интерфейс для

использования в локальной и глобальной сети. Общий принцип взаимодействия на основе данного прототипа представлен на рис. 2.

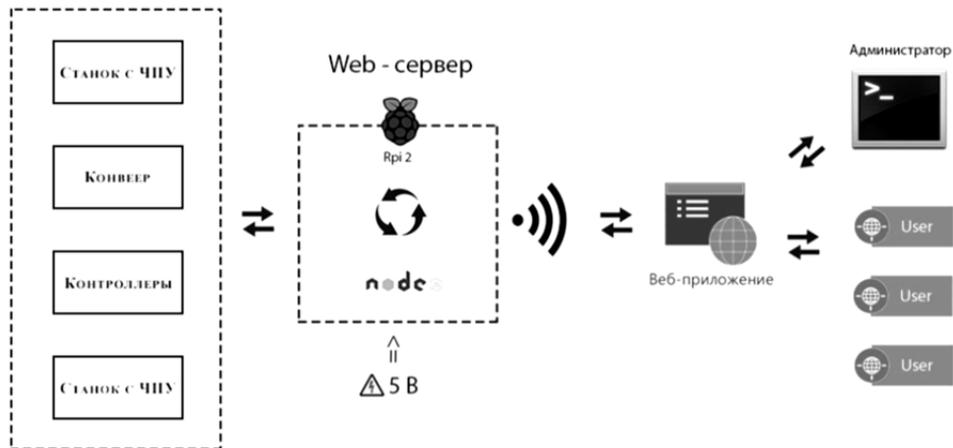


Рис. 2. Применение прототипа GUMI для управления и мониторинга технологического оборудования с использованием Web-интерфейса

Таким образом, формируется клиент-серверная архитектура, которая доступна пользователям с различных устройств, включая мобильные. В результате существенно упрощается процесс взаимодействия с оборудованием, его мониторинга или формирования задания и управления. Так как Web-сервис должен полностью отвечать функционалу ADAPTEQ, то он также строится по модульному принципу и предоставляет тот инструментарий или набор инструментариев, который нужен пользователю в конкретной задаче. На рис. 3 изображена общая схема конфигурирования ADAPTEQ и ее системы управления под решение конкретных задач различных типов пользователей.

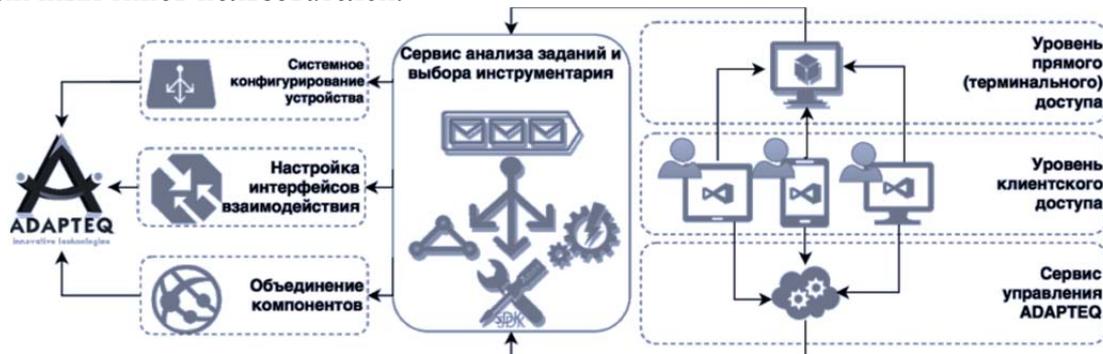


Рис. 3. Клиент-серверная структура системы управления ADAPTEQ

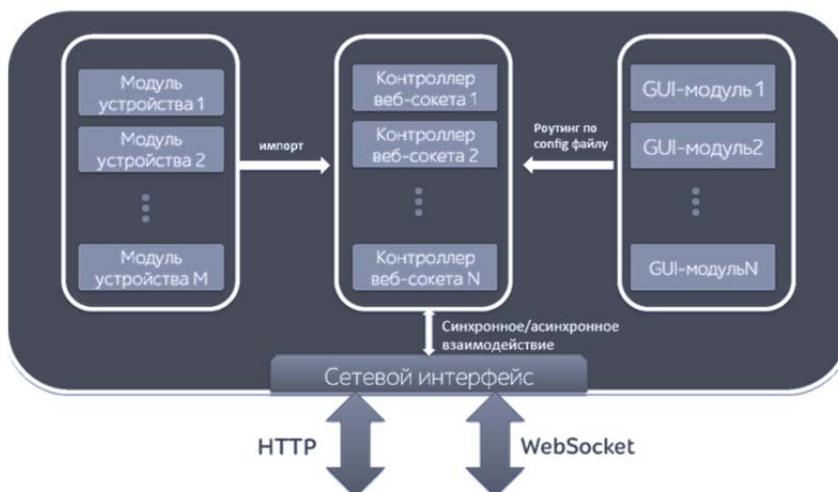


Рис. 4. Архитектура модульной системы управления

Архитектура системы управления состоит из набора модулей, реализующих взаимодействие с компонентами ADAPTEQ, контроллеров для преобразования пользовательских запросов и графических модулей для визуализации системы управления. Синхронное и асинхронное взаимодействие осуществляется через сетевой интерфейс. Общий вид подобной архитектуры представлен на рис. 4.

В свою очередь, графический модуль строится на основе широко распространенных Web-технологий (рис. 5) и может быть достаточно просто создан или адаптирован из имеющихся под любую новую задачу в рамках проекта ADAPTEQ.



Рис. 5. Структура GUI-модуля системы управления ADAPTEQ

Заключение. В рамках концепции ADAPTEQ предполагается разработка трехкоординатного шасси порталной конструкции, универсального модуля управления, модульного программного обеспечения с открытым исходным кодом, а также набора требований для проектирования рабочих органов, определяющих основное назначение оборудования, создаваемого на базе концепции.

Литература

1. Афанасьев М.Я., Грибовский А.А. Концепция адаптивной платформы технологического оборудования // Изв. вузов. Приборостроение. – 2015. – Т. 58. – № 4. – С. 268–272.
2. Wang Y. et al. The research of CNC machine appearance design based on evolution theory // Management of Innovation and Technology (ICMIT). – 2010. – P. 875–879.
3. Liang R.Y. et al. The Design of IPC Chassis Structure Based on CNC System // Advanced Materials Research. – 2013. – V. 819. – P. 277–280.
4. ГОСТ 20999-83. Устройства числового программного управления для металлообрабатывающего оборудования. Кодирование информации управляющих программ. – Введен 28.03.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 28 с.
5. Giese H., Rumpe B., Schätz B. and Sztipanovits J. Science and Engineering of Cyber-Physical Systems (Dagstuhl Seminar 11441) // Dagstuhl Reports. – 2012. – V. 1. – № 11. – P. 1–22.
6. Alippi C. Intelligence for Embedded Systems. – Springer Verlag, 2014. – 283 p.
7. Huang J. et al. Toward a smart cyber-physical space: a context-sensitive resource-explicit service model // COMPSAC. – 2009. – V. 2. – P. 122–127.

УДК 681.786

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАТРИЧНЫХ ФОТОПРИЕМНИКОВ НА ТОЧНОСТЬ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ С ОПТИЧЕСКОЙ РАВНОСИГНАЛЬНОЙ ЗОНОЙ

В.Ф. Гусаров¹

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Тимофеев¹

¹Университет ИТМО

В работе предпринята попытка оценить возможность применения матричных фотоприемников и цифровой обработки информации в системах позиционирования с оптической равносигнальной зоной. Описаны основные теоретические данные о принципах работы системы с оптической равносигнальной зоной и формировании базового направления. Исследовано влияние некоторых параметров фотоприемника, таких как размер и количество элементов, разрядность аналого-цифрового преобразователя.

Ключевые слова: оптическая равносигнальная зона, контроль смещений и разворотов, цифровая обработка, разрядность АЦП.

Средства оптико-электронного дистанционного управления широко используются в промышленности, строительстве, геодезии. Они позволяют добиться высокой производительности и точности при позиционировании контролируемых объектов в большом диапазоне расстояний. Анализ применяемых в современном дорожном строительстве систем контроля смещений показал, что для достижения высокой точности позиционирования требуются серьезные инструментальные затраты, что неизбежно ведет к повышению стоимости и сложности проводимых измерений. Менее сложные методы и системы имеют ряд недостатков, связанных с малым диапазоном контроля, слабой защищенностью от воздействия внешних сил. Рассматриваемый в работе метод оптической равносигнальной зоны (ОРСЗ) позволяет обеспечить высокую энергетическую чувствительность к смещениям в большом диапазоне контроля при меньших инструментальных затратах [1–5].

Оптическая равносигнальная зона – это область пересечения двух и более электромагнитных полей оптического диапазона, в которой параметры, используемые для количественной оценки измерительной информации (основные), равны, а необходимые для оценки знака (дополнительные) – различаются. Принципы работы оптико-электронной системы (ОЭС) с цифровой обработкой информации в ОРСЗ удобно рассматривать на примере систем управления работой исполнительных органов строительных машин, построенных на коллимационной схеме.

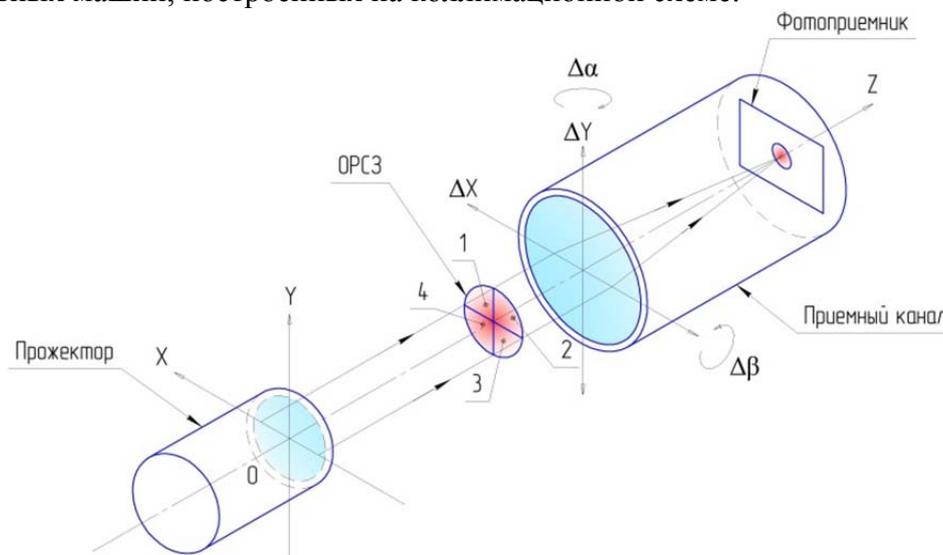


Рис. 1. Схема устройства с оптической равносигнальной зоной

В таких системах прожектор (рис. 1) создает в трехмерном линейном пространстве $OXYZ$ и во времени t распределение основного информативного параметра, которым является облученность $E_{\Sigma}(x,y,z,t)$. В предлагаемой схеме, в отличие от ранее рассмотренных, информация о разворотах $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$ и величинах сдвигов Δx и Δy приемного канала (ПрК) выделяется из сигналов с матричного фотоприемника (МФП). При этом информация о величине контролируемых сдвигов определяется в виртуальном пространстве цифрового вычислительного устройства по алгоритмам разности энергий, получаемой от каждого из полей ОРСЗ. В свою очередь, величины контролируемых разворотов также определяются в виртуальном пространстве цифрового вычислительного устройства, но уже на основе алгоритмов определения положения отображения ОРСЗ на МФП.

Обработка информации с МФП имеет некоторые особенности и зависит от:

- количества пикселей матричного поля приемника, которое перекрывается изображением;
- отношением сигнал/шум, которое в рассматриваемом случае определяется отношением электрического сигнала, вызванного облученностью в каждом пикселе матрицы к сигналу шумов в этом же пикселе;
- разрядности аналого-цифрового преобразователя (АЦП), используемого при обработке информации;
- временем экспозиции;
- максимальной облученностью, при которой пиксель матрицы перестает реагировать на увеличения уровня облученности.

За основу выбора количества пикселей в требуемом линейном поле берется требуемое линейное разрешение системы ρ_{β} при определении смещений, которое в общем случае определяется разностью регистрируемых потоков. При этом должно выполняться условие, при котором распределение облученности в отображении зрачка прожектора не должно выходить за пределы фоточувствительной площадки МФП при возможных смещениях и разворотах.

При определении угла разворота ПрК требуется обеспечить погрешность измерения σ_{β} , которая в общем случае определяется не только позиционной чувствительностью алгоритма определения угла, но воздействием внешних факторов на процесс измерения (ветер, градиенты температуры воздушного тракта). В этом случае при проектных расчетах удобно воспользоваться принципом равного влияния факторов на процесс измерения. Если таких факторов m , то

$$\rho_{\beta} = \sigma_{\beta} / \sqrt{m}. \quad (1)$$

Как показывает опыт многолетних исследований погрешность определения координат малоразмерных источников (размером не менее 6–8 пикселей) на фотоприемном матричном поле не превышает $k=0,05-0,1$ размера пикселя.

$$\rho_{\beta} = kp / f_{\text{ПрК}}. \quad (2)$$

Из (1) и (2) нетрудно получить, что p должен быть

$$p = \sigma_{\beta} f_{\text{REC}} / k \sqrt{m}. \quad (3)$$

В этом случае количество пикселей N в строке должно быть

$$N = b_{LR} k \sqrt{m} / f_{\text{REC}} \sigma_{\beta}. \quad (4)$$

Аналогично методике расчета количество пикселей в строке нетрудно рассчитать и количество строк M .

С другой стороны, размеры зрачка определяются энергетической чувствительностью $W(x, y, z)$ к смещениям, которая определяет погрешность регистрации разности оптических полей $\Delta\Phi$ на МФП, вызванных смещением Δy . Поскольку система должна обеспечивать необходимую погрешность контроля

смещений σ_w , необходимо учитывать величину Δy как составляющую погрешности, распределенную по нормальному закону

$$\Delta y = \sigma_w / \sqrt{m}, \quad (5)$$

где m – число погрешностей, наиболее влияющих на суммарную погрешность.

Величина этой погрешности определяется разрядностью ρ АЦП. Энергетическая чувствительность, в конечном счете, определяется градиентом облученности в ОРСЗ и в общем случае зависит, как от величин смещений y , так и дистанции z . В первом приближении требуемая разрядность может быть рассчитана с учетом сферической aberrации $\delta\varphi_s$ объектива, дистанции z_0 фокусировки и дистанции z работы:

$$\rho = \frac{\Phi}{\Delta\Phi} = \frac{\pi \left[k_1 \delta\varphi_s z z_0 + D_p |z_0 - z| \right]}{32 z_0 \Delta y}, \quad (6)$$

где Φ – значение потока оптического излучения при максимальном перемещении ПрК на Δ_{\max} .

Как известно, при наличии сферической aberrации объектива минимальная позиционная чувствительность к смещениям, а следовательно, максимальная ширина переходной зоны в ОРСЗ будет на дистанции

$$z = \frac{2}{3} z_0.$$

В этом случае выражение (6) преобразуется к виду

$$\rho = \frac{2\pi \left[k_1 \delta\varphi_s z_0 + R_{CFBD} \right]}{3\Delta y}. \quad (7)$$

В свою очередь, с учетом закона распределения погрешности аналого-цифрового преобразования (закон равной вероятности), возникающей при квантовании сигналов по уровню, выражение (5) преобразуется к виду

$$\Delta y = \sigma_w / 2\sqrt{3m}.$$

В соответствии с изложенным, значение разрядности n , выбираемой при обработке видеосигналов аналогово-цифровых преобразований облученностей в ОРСЗ, должно быть числом, вычисляемым по нижеприведенной формуле с округлением в большую сторону

$$n = \frac{\pi 4\sqrt{3m} \left[k_1 \delta\varphi_s z_0 + R_{CFBD} \right]}{3\sigma_w}. \quad (8)$$

Из выражения (8) видно, что определяющими при практической реализации системы являются величина сферической aberrации объектива канала формирования базового направления и размеры его выходного зрачке.

Для проведения экспериментальных исследований были рассчитаны параметры оптической системы и выбраны элементы для стенда, структурная схема которого показана на рис. 2.

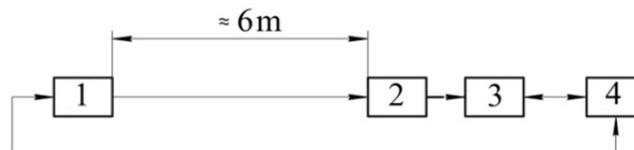


Рис. 2. Структурная схема экспериментального стенда

Экспериментальная установка состоит из прожектора 1, который проецирует ОРСЗ в плоскость объектива приемника 2 с входным зрачком 40 мм и фокусным расстоянием 36 мм. Видеокамера 3 с цветной фотоприемной матрицей OmniVision OV 5620 (разрешение 5 Мрх, разрядность АЦП – 10) использовалась в качестве

приемника. Драйвер камеры позволяет настраивать время экспозиции, баланс белого. Также он позволяет рассматривать распределение облученностей по каналам цветности *R*-, *G*- и *B*-независимо. Проектор и приемник смонтированы на оптическую скамью на расстоянии 6 м друг от друга. Управление источниками излучения, запись отображений ОРСЗ и их последующая обработка осуществлялись с персонального компьютера 4. Видеокамера 3 установлена на специальный столик, имеющий несколько подвижек, позволяющих выполнять линейные и угловые смещения.

Графическая интерпретация определения положения ОРСЗ показана на рис. 3.

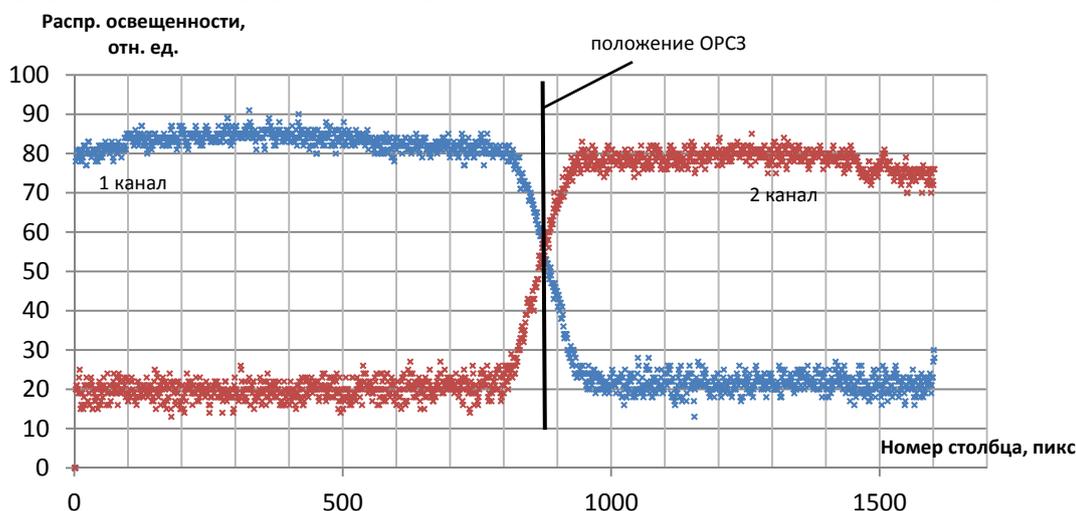


Рис. 3. Профиль облученности в одной строке матрицы

Нелинейность статической характеристики макета (рис. 4, а), полученной при противофазной модуляции источника излучения (ИИ) прожектора и цифровой обработке отображения ОРСЗ с МФП, при диапазоне смещений ± 12 мм составляет величину менее 0,41 мм. При этом оценка среднеквадратичного отклонения (СКО) основной составляющей погрешности контроля смещений для дистанции 6 м не превысила 0,017 мм, что в несколько раз меньше, чем при ранее применявшейся аналоговой обработке информации. Исследование разворотов показало, что оценка СКО основной составляющей погрешности контроля углов при цифровой обработке не более $11''$. При этом нелинейность статической характеристики макета (рис. 4, б), при диапазоне смещений $\pm 4^\circ$ не более 0,1°.

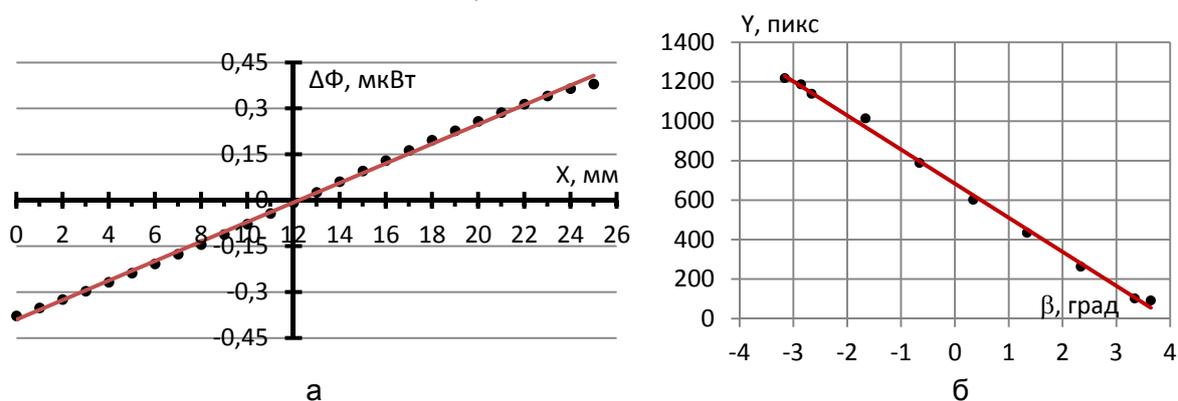


Рис. 4. Статические характеристики установки: при контроле линейных смещений (а); при контроле разворотов (б)

В работе представлены основные теоретические сведения о принципах работы оптико-электронных систем позиционирования с оптической равносигнальной зоной. Описана методика выбора разрядности АЦП, применяемого при реализации цифровой обработки информации.

Результаты экспериментальных исследований на созданном макете позволяют сделать вывод о перспективности применения МФП в системах контроля над смещениями и разворотами с ОРСЗ.

Таким образом, можно сделать вывод, что адаптивность и перестраиваемость в зависимости от внешних условий (фоновая засветка, температурный градиент воздушного тракта) алгоритма обработки являются несомненным преимуществом такого типа систем. Например, такого рода система способна определять положение приемника одновременно с регистрацией значений температурного градиента атмосферы, сравнивая данные, измеренные при работе на разных длинах волн.

Литература

1. Дементьев В.Е. Современная геодезическая техника и ее применение. – М.: Академический проект, 2008. – 591 с.
2. Коротаев В.В., Мараев А.А., Тимофеев А.Н. Телеориентирование в луче с оптической равносигнальной зоной. Монография. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 339 с.
3. Коняхин И.А., Мараев А.А., Тимофеев А.Н., Гусаров В.Ф. Контроль смещений в оптико-электронных системах с оптической равносигнальной зоной // Изв. вузов. Приборостроение. – 2015. – Т. 58. – № 1. – С. 38–44.
4. Gusarov V.F., Maraev A.A., Timofeev A.N., Klimov A.A. Influence of array photodetectors characteristics to the accuracy of the optical-electronic system with optical equisignal zone // Proceedings of SPIE. – 2016. – V. 9896. – P. 989615-1–989615-11.
5. Maraev A.A., Timofeev A.N., Gusarov V.F. Applying of digital signal processing to optical equisignal zone system // Proceedings of SPIE. – 2015. – V. 9525. – P. 95254B-1–95254B-10.

УДК 520.2.075

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЮСТИРОВКИ ВТОРИЧНОГО ЗЕРКАЛА КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛЕСКОПА

А.С. Дедушенко¹

Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.В. Карпова¹

¹Университет ИТМО

Многие космические спутники оснащены оптическими телескопами. Каждый из них – это высокоточный прибор, который необходимо настроить вначале, а также периодически перенастраивать в течение срока службы. Для этого юстировочные подвижки на зеркалах космического телескопа должны быть автоматизированными для осуществления настройки телескопа дистанционно с Земли.

Ключевые слова: космический телескоп, юстировка, юстировка вторичного зеркала.

Практика получения изображений поверхности Земли из космоса насчитывает чуть более полувека. Началом систематического обзора поверхности можно считать 1960 год. С тех пор область применения данных дистанционного зондирования Земли из космоса многократно расширялась. Съёмочная аппаратура дистанционного зондирования Земли, устанавливаемая на спутниках, может работать в четырех основных диапазонах: ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном и микроволновом [1].

В настоящей работе рассматривался спутник, оснащенный телескопом, работающим в видимом диапазоне. Использован трехзеркальный телескоп, который, как и любой другой необходимо настраивать. Ранее был разработан макет для отработки требований, предъявляемых к узлу регулировки вторичного зеркала в наземных условиях.

Основной задачей работы являлась разработка данного узла, снабженного средствами электрического управления точных подвижек. В эту задачу входили выбор электродвигателей, расчет их силовых составляющих, задачи размещения в корпусе регулировочного устройства и составления схемы первичной установки работы приводов.

На спутнике использовался трехзеркальный телескоп «ЦУК-350», по схеме Корша (рис. 1), так как именно в этой схеме можно максимально снизить aberrации. Данная схема являлась новой для Российской Федерации. В таком телескопе исправлены все aberrации третьего порядка. Базовая схема включает в себя три асферических зеркала; для предотвращения виньетирования в систему обычно добавляют вспомогательное плоское зеркало, выносящее изображение в сторону [2].

Свет от удаленного объекта, отражается в направлении на вторичное зеркало, а от него на плоское зеркало, меняющее направление хода лучей на 90° . Отраженный от этого зеркала световой поток попадает на четвертое зеркало, которое строит реальное изображение в фокальной плоскости объектива. Пара (главное и вторичное зеркала) строит промежуточное изображение и направляет его на плоское поворотное зеркало, отразившись от которого свет попадает на третье зеркало, после которого строит свое изображение в фокальной плоскости объектива. Оптическая схема «двухкаскадная»: первый каскад объектива включает в себя вогнутое асферическое зеркало 1 (эллипсоид) и выпуклое гиперболическое зеркало 2 (гиперболоид). Второй каскад: включает в себя вогнутый эллипсоид 4.

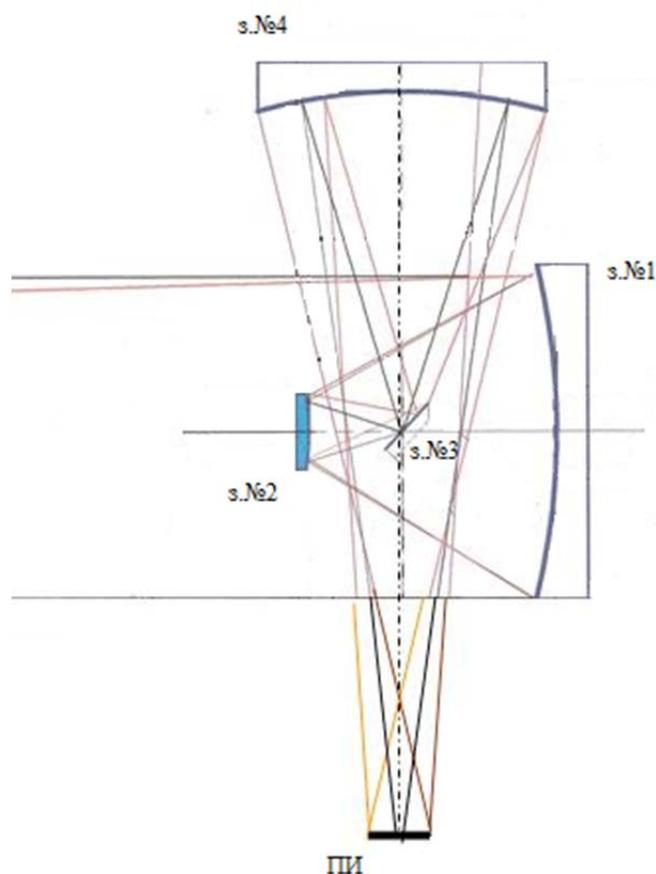


Рис. 1. Телескоп «ЦУК-350»: з.№1 – главное зеркало (вогнутое асферическое); з.№2 – вторичное (выпуклое гиперболическое); з.№3 – поворотное зеркало; з.№4 – четвертое зеркало (вогнутый эллипсоид); ПИ – плоскость изображения

Такой сложный телескоп необходимо настроить. Для настройки этого телескопа вводятся регулировочные подвижки на оптические элементы. Самым выгодным будет снабдить такими подвижками вторичное зеркало, так как оно намного легче остальных зеркал.

Ранее была разработана система подвижек, которые обеспечивают продольное перемещение, поперечное смещение и наклоны по обеим координатам вторичного зеркала (рис. 2).

Продольная подача штока 1 осуществляется перемещением его в корпусе 2 под воздействием винта 10. Силовое замыкание обеспечивается двумя пружинами растяжения 9.

Поперечная подача вторичного зеркала осуществляется перемещением корпуса 6. Из рисунка видно, что фланец корпуса 6 заключен в объем, образованный двумя одинаковыми кольцами 13. Детали 13 и фланца 6 притираются для обеспечения безлюфтового перемещения фланца 6. Для осуществления точных поперечных перемещений узла штока 1 применяются две ортогонально расположенных пары винтов 15–18. При осуществлении этих подвижек один винт в паре идет на отвинчивание, другой – на завинчивание, тем самым осуществляется перемещение узла поперечной подачи.

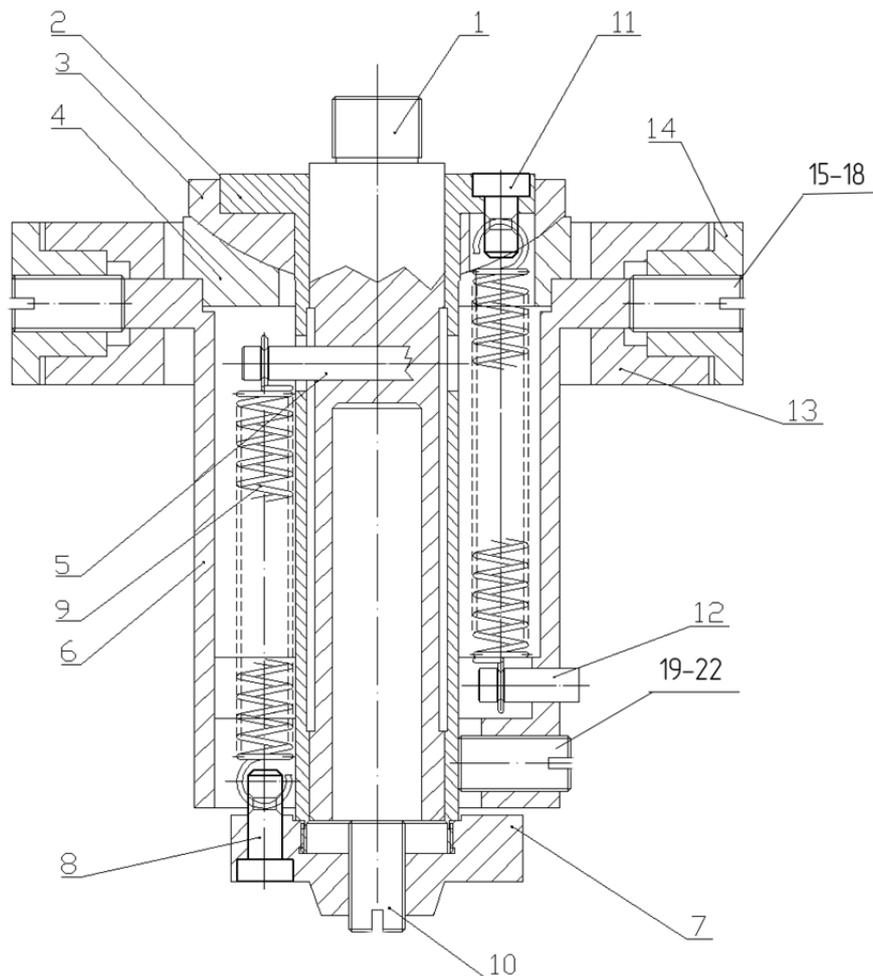


Рис. 2. Система подвижек

Наклон осуществляется при помощи четырех винтов 19–22, расположенных взаимно перпендикулярно. Винты, закрепленные в корпусе 6, и заставляют разворачиваться подузел продольной подачи. Винт 10, осуществляет перемещения штока 1 вдоль оптической оси, что обеспечивает смещение вторичного зеркала относительно главного зеркала по оси X . Винты 15, 16 (Y) и 17, 18 (Z) осуществляющие перемещение вторичного зеркала вдоль осей Y и Z . Винты 19–22 – для угловых перемещений вторичного зеркала относительно вершины.

Эта конструкция разработана для регулировки зеркала в наземных условиях вручную. Так как это космический спутник, необходимо сделать автоматизированную систему регулировки.

Для юстировки вторичного зеркала необходимо движение на очень малые шаги: в продольной подвижке – порядка десятых долей микрометра, а в поперечных и угловых – порядка одного микрометра. Приводные устройства, обеспечивающие малый шаг перемещений могут быть разного типа: с электродвигателями (шаговыми) или на пьезоэлементах. Шаговые двигатели – это электромеханические устройства, которые преобразуют электрические импульсы напряжения управления в дискретные (скачкообразные) угловые и линейные перемещения ротора с возможной его фиксацией в нужных положениях [3]. Пьезоэлемент – это электромеханический преобразователь, изготавливаемый из пьезоэлектрических материалов, определенной формы и ориентации относительно кристаллографических осей, с помощью которого механическая энергия преобразуется в электрическую (прямой пьезоэффект), а электрическая – в механическую (обратный пьезоэффект) [4].

В данной работе было принято решение использовать шаговые линейные актуаторы совместно с пьезоэлементами для более точной установки на продольной подвижке, а на поперечной и угловой – только шаговые актуаторы, так как там не нужна такая точность перемещений. Под понятием актуатор чаще всего подразумевают электродвигатель со специальным приводом, который перемещает что-то вдоль одной прямой. Таким образом, преобразуется входной электрический сигнал в выходное механическое движение. Пьезоактуатор располагается внутри штока 1 (рис. 2), а шаговый линейный актуатор вместо винта 10. Так будет получена необходимая точность в десятые доли микрометра. На поперечной и угловой подвижке располагаются шаговые актуаторы вместо винтов 15–18 и 19–22.

Исходя из расчета силовых характеристик пружин, был выбран шаговый актуатор EL35ST-25C, который установлен на всех подвижках, ниже приведены его основные характеристики:

- тип линейного актуатора – с выдвигаемым штоком;
- номинальный ток – 0,57 А;
- дискретность перемещения при работе двигателя в полушаговом режиме – 0,00125 мм;
- максимальное осевое усилие – 50 Н;
- максимальный ход – 25 мм.

Этот двигатель был выбран потому что, в нем используются подшипники повышенной надежности и неодимовые магниты, выдерживающие работу в широком диапазоне температур и перегрузок. Именно такие характеристики этого двигателя, важны для его работы в условиях космического пространства.

Для управления актуатором использовался контроллер шагового двигателя – устройство управления электродвигателем, которое представляет собой более сложное устройство, в основе контроллера лежит процессор (системное ядро). Контроллеры позволяют решить многие задачи: управление шаговым двигателем от персонального компьютера или программируемого логического контроллера, управление по последовательному интерфейсу от стороннего контроллера, объединение нескольких изделий в одну сеть с управлением от одного устройства, работа в автономном режиме по заданному алгоритму, управление по аналоговому входу и так далее [5].

После мониторинга рынка был выбран пьезоэлектрический микроактуатор для более точной установки в продольной подвижке юстировочного узла. Многослойный пьезоэлектрический микроактуатор МПМА-2/70 с обратной связью в комплекте с серво-контроллером типа ТНА.9396 производства компании АО «НИИ «Элпа» предназначен для систем микро- и нанопозиционирования. Именно такие характеристики позволяют выбрать именно этот пьезоактуатор, обратная связь даст возможность получать сигнал ошибки по управляющему напряжению и отрегулировать его таким образом, чтобы сигнал ошибки стремился к нулю. Основные характеристики пьезоактуатора приведены в таблице.

Таблица. Основные характеристики пьезоактуатора МПМА-2/70

Параметр	Ед. измер.	МПМА-2/70
Масса, не более	г	40
Габаритные и присоединительные размеры	мм	Ø16 × 52,5
Максимальное перемещение при напряжении 100 В	мкм	40±10%
Разрешение при включении с серво-контроллером, не более	нм	40
Гистерезис при включении с серво-контроллером, не более	%	0,1
Развиваемое усилие (при напряжении постоянного тока +150 В), не менее	Н	1200

Для правильной работы систем автоматического регулирования положения вторичного зеркала предполагается разработка анализа положения и выработка команд управления.

Осуществление автономных юстировочных движений в узле регулировки положения второго зеркала предполагает наличие систем обратной связи и увязывания в единую систему управления. Это один из множества этапов работы по регулировке положения вторичного зеркала.

Литература

1. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. – М.: Изд-во А и Б, 1997. – 296 с.
2. Теребиж В.Ю. Современные оптические телескопы. – М.: Физмалит, 2005. – 65 с.
3. Studopedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – http://studopedia.su/5_18801_shagovie-i-momentnie-dvigateli.html, своб.
4. Инженерные решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://engineering-solutions.ru/ultrasound/piezomaterials/>, своб.
5. Stepmotor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stepmotor.ru/ustrojstvo-upravleniya/>, своб.

УДК 620.19

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ И В ОБЪЕМЕ МАТЕРИАЛА

С.А. Демин¹, Е.В. Шалобаев¹

¹Университет ИТМО

В работе предложена методика определения дефектов, заключающаяся в предварительном визуальном определении участка поверхности материала с дефектом, наведении камеры тепловизора на исследуемую поверхность, и одновременном сканировании исследуемого участка поверхности материала лучом лазера.

Ключевые слова: лазер, тепловизор, коэффициент поглощения.

В настоящее время проблема разрушения материалов под воздействием химических, биохимических и другого вида реагентов многопланова и не имеет единого подхода к разрешению. В связи с этим постоянно совершенствуется как технологическая база и методология применения препаратов для уменьшения риска разрушения материалов, так и аппаратурно-методическая база, приборы для исследования процессов, протекающих на поверхности и в глубине материалов.

В настоящее время для определения дефекта на поверхности и в объеме материалов широко используются тепловизионные методы [1]. Сущность данных

методов состоит в анализе теплового излучения регистрируемого тепловой камерой тепловизора. Дефект определяется в зонах с пиковыми значениями температур. Исследования температурного поля показывают, что наличие периферийных факторов нагрева исследуемой поверхности затрудняют интерпретацию полученных результатов о возможности наличия дефекта. Периферийными факторами нагрева могут быть: источники светового облучения образца, источники теплового нагрева, эффекты, связанные с процессами теплопередачи внутри исследуемого материала [1].

Тепловизионные методы не позволяют распознать наличие дефекта, имеющего отличительные оптические характеристики, но имеющие одинаковую температуру на поверхности материала.

В настоящей работе предложена методика определения дефектов, заключающаяся в предварительном визуальном определении участка поверхности материала с дефектом, наведении камеры тепловизора на исследуемую поверхность, и одновременном сканировании исследуемого участка поверхности материала лучом лазера. При этом нагрев происходит на длине световой волны в области характеристической полосы поглощения, идентифицирующей химический состав вещества дефекта. Затем измеряется распределение температурного поля на данной поверхности и выявляется наличие температурных пиков на поверхности материала. Это позволяет по наличию контрастных участков в поле тепловизора определить наличие дефектов, их химический состав и координаты местоположения.

В результате перехода энергии лазерного излучения в тепло происходит нагревание материала. Перенос тепла в твердом теле осуществляется механизмами теплопроводности. Превращение поглощенной энергии излучения в тепловую энергию материала происходит за 10^{-11} с, поэтому температура поверхности материала в области воздействия быстро возрастает.

В работы авторы попытались провести анализ зависимости времени нагрева материала лазером от оптических свойств (коэффициента поглощения) материала (рисунок).

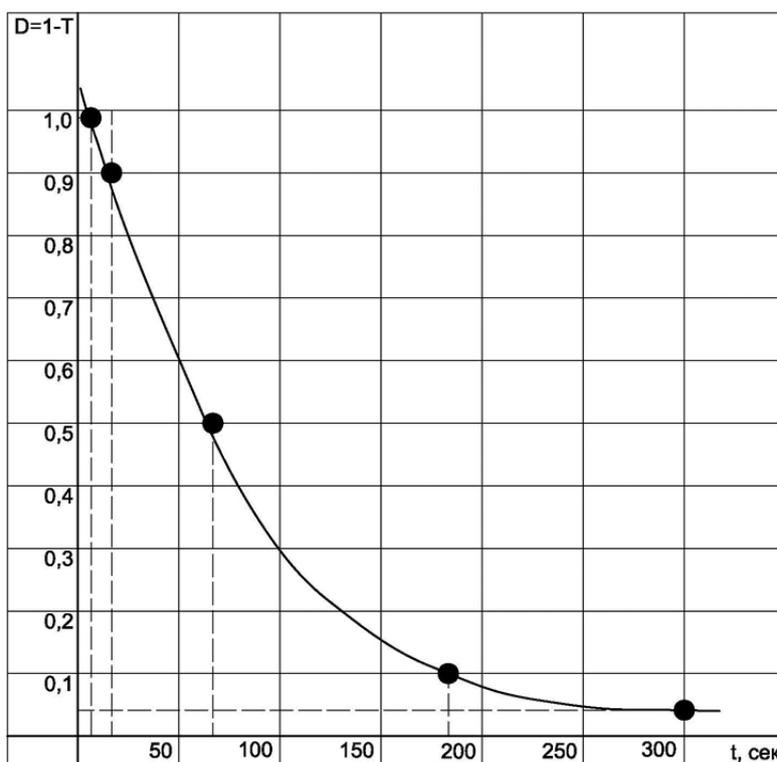


Рисунок. Зависимость изменения времени нагрева материала от его коэффициента поглощения

В ходе эксперимента образцы облучались лазерным излучением на длине волны $\lambda=0,63$ мкм. Образцы были изготовлены из плотной белой бумаги (картон), на поверхности которой наносился тонкий слой акварельной краски. Тепловизор, который использовался для определения температуры дефекта, имел возможность определить температуру поверхности образца в области нагрева лазерным излучением и температуру окружающей среды.

При облучении образцов лазерным излучением была получена зависимость времени облучения t от коэффициента поглощения материала D . Образцы нагревались лазерным излучением до одной и той же температуры, фиксируемой тепловизионной камерой, которая составляла 27°C . В зависимости от цвета краски, нанесенной на образец, достижение номинальной температуры нагрева происходило за разное время. Так, например, минимальное время нагрева наблюдалось на образце, на поверхности которого была нанесена черная краска. Максимальное время нагрева – на образце с нанесенной желтой краской.

Известны спектры пропускания красок, которые коррелируют со временем нагрева [2]. Нетрудно видеть, что при применении лазерного излучения для нагрева поверхности можно расширить информацию об объекте, получаемую с помощью тепловизионной камеры. Также можно с достаточной степенью вероятности определить цвет дефекта даже в том случае, если используется лазерное излучение, длина волны которого не совпадает с длиной волны характеристических полос поглощения материала.

Применение описанного метода диагностики позволит выявить наличие дефекта на поверхности и в объеме материала без участия человека, а также в труднодоступных для человека местах.

Литература

1. Колючкин В.Я. Тепловизионные приборы и системы: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ, 2003. – 54 с.
2. Каталог цветного стекла. – М.: Машиностроение, 1967. – 62 с.

УДК 621.165

АСПЕКТЫ НАДЕЖНОСТИ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ БЫСТРОВРАЩАЮЩЕГОСЯ ОБОРУДОВАНИЯ

А.С. Демина¹, Е.В. Шалобаев¹

¹Университет ИТМО

В работе предложено повысить надежность работы защиты от превышения частоты вращения быстро вращающегося оборудования посредством использования двух разнородных каналов – механического и электронного. При этом конструкция механического автомата также дополняется элементами, повышающими его собственную надежность.

Ключевые слова: механический автомат безопасности, турбинный агрегат, мехатронный модуль, защита от превышения допустимой частоты вращения, надежность.

Одной из наиболее катастрофических аварий на электростанции является самопроизвольный разгон турбины.

В результате такой аварии может произойти:

- обрыв лопаток (появление дисбаланса);
- разлом подшипников;
- разлом ротора;
- выброс масла и водорода.

И как следствие: пожар и обрушение кровли [1].

Часто после таких аварий требуется полная замена агрегатов машзала.

В настоящей работе рассмотрен автомат безопасности турбоагрегата. Он расположен в коробке регулирования, рядом с передним подшипником.

Для сокращения непосредственного участия человека в операции испытания механического автомата безопасности повышением частоты вращения целесообразно использовать современный подход к выполнению такого рода задач – мехатронный подход.

Применение мехатронного подхода по сравнению с традиционными средствами автоматизации позволяет реализовать:

- относительно низкую стоимость (благодаря высокой степени интеграции, унификации и стандартизации всех элементов и интерфейсов);
- высокое качество реализации сложных и точных движений (в результате применения методов интеллектуального управления);
- высокую надежность, долговечность (например, за счет повышения точности) и помехозащищенность;
- конструктивную компактность модулей [2].

На рис. 1 представлена схема автомата безопасности, выполненного в собственных подшипниках и позволяющего проводить проверку разгоном при работающем турбоагрегате. К валу турбинного агрегата 1 после переднего подшипника 2 крепится вал автомата безопасности через шлицевое соединение 3 и обгонную муфту 4. Механический датчик частоты вращения 6 расположен в собственных подшипниках 5. В специальных расточках внутри вала находятся бойки 9. Вращение вала автомата безопасности осуществляется с помощью интеллектуального мехатронного модуля (ИММ) 7. При срабатывании механического датчика бойки 9 воздействуют на рычаги 8, от которых воздействие передается в гидравлическую систему управления запорными органами турбины.

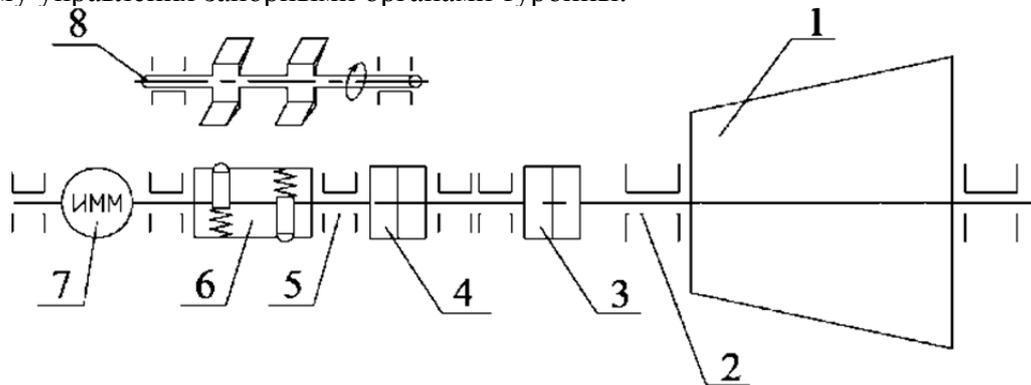


Рис. 1. Автомат безопасности, выполненный в собственных подшипниках

Применение мехатронного модуля в конструкции механического автомата безопасности позволит чаще проводить проверки автомата безопасности, тем самым повышая его надежность.

Чтобы контрольные проверки проводились достаточно часто, необходимо, чтобы построение системы защиты позволяло проводить эти проверки часто и достаточно просто.

Также при частых проверках нельзя допускать того, чтобы во время проверок основное оборудование (турбина) оставалось без защиты.

На рис. 2 представлена схема защиты от разгона, в которой скомбинированы электронный и мехатронный автоматы безопасности. В данной схеме эти два автомата работают параллельно.

Электронный автомат безопасности представляет собой 6 аналоговых датчиков 4, установленных в коробке регулирования турбины. Сигнал от датчиков поступает на

идеализацией, если процессы износа и старения не играют большой роли. Это в известной мере имеет место для обслуживаемого оборудования, поскольку задачей обслуживания является поддержание примерно постоянного уровня его работоспособности.

Относительно структуры схемы защиты будем исходить из структуры, изображенной на рис. 2, иными словами, будем принимать единичное защитное устройство в качестве минимального элемента системы защиты, имеющего отличную от 1 вероятность безотказной работы.

Та или иная более сложная схема защиты образуется из нескольких однотипных единичных устройств.

Устройства коммутации или логические элементы, необходимые для образования сложной схемы из единичных защитных устройств будем считать совершенно надежными.

Также совершенно надежными будем считать исполнительные органы защиты (электромагнитные выключатели).

Надежность схемы защиты будем характеризовать вероятностью безаварийной работы (т.е. без отказов защиты в аварийных ситуациях) за заданный срок эксплуатации оборудования или вероятностью аварий за тот же срок:

$$G_2(t) = \{G_1(K)G_0(K, L)\} \frac{t}{K+L}, \quad (1)$$

где $G_1(K)$ – вероятность безаварийной работы за промежуток времени между проверками защиты; $G_0(K, L)$ – вероятность безаварийной работы в процессе проверки защиты; K – промежуток времени между контрольными проверками защиты (от окончания предыдущей до начала следующей); L – продолжительность проверки (будем принимать постоянной, одинаковой во всех случаях); $K+L$ – полный цикл (период) между проверками.

Имея ввиду достаточно частые проверки, будем считать, что все они проводятся во время работы под нагрузкой.

Для резервированной двухканальной схемы: если ограничится периодом проверок $K+L=0,02$ года (раз в неделю), L – продолжительность проверки принята 0,0001 года, т.е. около 50 мин. Частота случаев аварийных ситуаций – $\lambda=1$ (1/год) (т.е. один случай в среднем за год). Частота отказов одного устройства защиты $\mu=0,4$ (1/год) (т.е. один отказ данного устройства в среднем за 2,5 года).

За срок эксплуатации 10 лет $G_2(10)=0,9984$. На работающих турбоагрегатах в реальных условиях такие проверки проходят раз в 4 месяца ($K+L=0,3$ года), $G_2(10)=0,683$.

В предложенной схеме, комбинирующей механический и электронный автоматы безопасности, агрегат не остается без защиты. Потому нет снижения надежности в области частых проверок – во всем диапазоне периода проверок – вероятность безаварийной работы возрастает.

Применение мехатронного модуля в конструкции механического автомата безопасности позволяет решить проблему проведения его испытания разгоном. Процедура проверки с таким модулем становится автоматической и может выполняться достаточно часто, чтобы обеспечить требуемую надежность.

Литература

1. Фрагин М.С. Регулирование и маслоснабжение паровых турбин: настоящее и ближайшая перспектива. – СПб.: Энерготех, 2005. – 248 с.
2. Шалобаев Е.В., Толочка Р.-Т.А. Терминологические аспекты современной мехатроники // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологий. – 2013. – № 1. – С. 102–108.

УДК 004.93

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ПОЧЕРКУД.И. Дикий¹, В.В. Елисеева¹, Н.В. Нечаева¹Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Ю. Грищенко¹¹Университет ИТМО

Введение. В настоящее время одним из средств реализации угроз конфиденциальности, целостности и доступности информации является несанкционированный доступ нарушителя к ней. В работе представлены основные положения разработки программно-аппаратного комплекса аутентификации пользователей, как средства защиты информации от несанкционированного доступа, предполагающего использование характеристик почерка в качестве биометрического ключа. Рассмотрены алгоритмы, принципы работы и подходы к решениям промежуточных задач, возникающих в процессе реализации.

Цели работы и определение задач. Целью работы являлась разработка и исследование программно-аппаратного комплекса аутентификации пользователя, основанной на биометрических особенностях почерка. Фундаментальная идея заключалась в том, что пользователь подтверждает, что именно он осуществляет доступ к информации с помощью рукописного ввода известного только ему парольного слова, как правило, подписи. Программно-аппаратный комплекс подразумевает клиент-серверную архитектуру для реализации возможности использования при удаленном доступе. Основная задача, которую должно решать разрабатываемое программное обеспечение (ПО) – это усовершенствование процесса аутентификации, повышение уровня защищенности средств вычислительной техники от несанкционированного доступа (НСД) в информационных системах (ИС) с удаленным доступом. Принцип действия любой системы аутентификации, в том числе и разрабатываемой, заключается в следующем: система аутентификации должна предоставлять авторизованный доступ пользователям к информационным ресурсам ИС после удачного прохождения процедуры аутентификации и, наоборот, запрещать доступ пользователям, не прошедшим проверку.

Ниже приведен список промежуточных задач, возникающих в процессе реализации, решение которых рассматривалось в процессе работы:

1. проведение мониторинга уже существующих подобных систем аутентификации по динамическим характеристикам почерка;
2. изучение различных подходов к решению поставленных задач, применяемых в аналогичных системах;
3. выбор лучших методов, с точки зрения применения разрабатываемого ПО в ИС с удаленным доступом;
4. после того, как среди всего многообразия различных подходов к построению систем аутентификации по характеристикам почерка был сделан обоснованный выбор тех, которые лучше всего подходят для конкретной ситуации, производился этап программной реализации. В процесс программной реализации входит:
 - проектирование системы аутентификации;
 - анализ недостатков и «узких мест»;
 - непосредственно разработка ПО;
 - оценка, получившегося программного продукта;
 - отладка;
 - исправление ошибок и недостатков;
 - усиление защиты данных пользователей от НСД;

- обеспечение высокой отказоустойчивости работы до и после прохождения процесса аутентификации с помощью разрабатываемого ПО;
- протоколирование удачных и неудачных попыток доступа к информационным ресурсам;
- использование новейших технологий и алгоритмов, выполняющих возлагаемых на систему вторичной аутентификации функций;
- автоматизация процесса аутентификации;
- применимость для различных устройств, как на стороне пользователя, так и администратора информационной системы.

Основным этапами работы были: принятие и обработка динамических характеристик вводимой пользователем информации, генерация шаблона отличительных признаков, проведение классификации вновь вводимой информации с уже сгенерированным шаблоном, вывод результата сравнения. Предполагалось, что программно-аппаратный комплекс оценивает динамику траектории написания парольного слова во времени и принимает решение о делегировании полномочий пользователю.

Результаты работ. По завершению создания ПО аутентификации пользователей по динамическим характеристикам почерка для ИС с удаленным доступом должны быть получены следующие результаты: разработано, спроектировано, отлажено ПО, также разработана техническая и пользовательская документация, необходимая для эксплуатации системы аутентификации, проведено исследование о надежности и отказоустойчивости.

Метод. Наиболее современные аналоги, выполняющие схожие функции, российских и зарубежных производителей можно разделить на два вида: статические и динамические. Статические системы – это такие системы, которые работают с уже полученным изображением примера почерка человека. Они имеют дело с отсканированным изображением и, как правило, в таких системах биометрическим признаком являются: наклон почерка, его закругленность и сила нажима на бумажный носитель. Наоборот, динамические системы оценивают почерк в момент написания текста. Чаще всего динамические системы требуют широкого функционала устройств ввода такого, как способность оценивать силу нажатия и угол наклона, скорость написания текста и другие. Динамические системы имеют явные преимущества перед статическими, однако их главным недостатком является привязанность ко времени, другими словами, зависимость от частоты обработки сообщений о написании текста и, возможно, непрерывность его написания. Ввиду того, что функционирование программно-аппаратного комплекса предполагается с использованием различных устройств ввода, большинство из которых не способно считывать подробные характеристики почерка, то в качестве альтернативы предлагается использование такой характеристики как динамически снимаемая траектория написания. Следующий шаг состоит в определении алгоритма, который сможет выделять отличительные особенности почерка. Среди всех известных алгоритмов выделения отличительных черт почерка, с учетом того, что оценивается только траектория, в программно-аппаратном комплексе применяется алгоритм, схожий с алгоритмом локальных экстремумов [1, 2]. Модификация алгоритма локальных экстремумов позволяет уменьшить количество анализируемых данных без значительной потери качества. Идея алгоритма состоит в следующем. Каждая траектория описывается последовательностью точек, имеющих декартовы координаты. Требуется уменьшить количество наименее информативных точек и оставить только те, которые являются образующими. Отбор точек происходит следующим образом:

1. первая точка всегда образующая;
2. определяется пороговое значение (экспериментальным путем выяснилось, что оптимальное пороговое значение немного менее единицы и было принято за 0,75);

3. между i и $i+1$ точкой строится прямая, и считается расстояние от i и $i+1$ точек до этой прямой; так, как эти точки лежат на этой прямой, то расстояние равно нулю, что меньше порогового значения; i – номер последней образующей точки;
4. далее строится прямая по точкам i и $i+2$;
5. считаются расстояния от i , $i+1$, $i+2$ точек до этой прямой;
6. если расстояния от i , $i+1$, $i+2$ точек до прямой меньше порогового значения, то берется следующая точка $i+3$ и строится прямая по точкам i , $i+3$, и т.д.;
7. если расстояние от точки до прямой больше порогового значения, точка отбирается в список образующих и переход к шагу 3;
8. если в процессе выполнения алгоритма имеется несколько точек, расстояние от которых до прямой больше порогового значения, выбирается точка с максимальным расстоянием;
9. алгоритм заканчивает свою работу, когда доходит до последней точки, которая также является образующей.

Другим важнейшим элементом является алгоритм-классификатор, в данном случае это обучаемая учителем искусственная нейронная сеть (ИНС) с двумя скрытыми слоями без обратных связей с сигмоидальной функцией активации нейронов (1) [3–5]. ИНС – удобный инструмент классификации образов, показавший результаты при решении подобных задач.

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}. \quad (1)$$

Для решения поставленных задач обработанная модифицированным алгоритмом локальных экстремумов траектория разбивается на три составляющие: координаты по оси ординат, координаты по оси абсцисс и временные метки. Таким образом, для каждой составляющей траектории используется собственная ИНС. Обучение ИНС производится, в отличие от наиболее распространенного алгоритма обратного распространения ошибки, генетическим алгоритмом [6]. Для хранения данных, как пользователей, так и настроек ИНС программно-аппаратный комплекс настроен на использование системы управления базами данных MySQL для этих целей.

Реализация. Реализация программной части выполнена в среде разработки Visual Studio 2010 на языке программирования C++ и представляет собой одно приложение расширения .exe. Система функционирует на операционных системах семейства Windows. Кроме основного приложения используются написанные на языках PHP и JavaScript вспомогательные скрипты, легко адаптирующиеся под нужды администратора сервера.

Выводы. Разработанный программно-аппаратный комплекс аутентификации пользователя по динамическим характеристикам почерка представляет собой полностью готовый к использованию программный продукт, обладает оптимальными характеристиками и требованиями к функционированию, полностью выполняет возложенные на нее задачи, имеет в распоряжении весь необходимый набор дополнительных функций.

Литература

1. Колядин Д.В. Анализ динамических кривых применительно к задаче верификации рукописной подписи // Математические методы распознавания образов (ММРО-11). – 2003. – С. 330–332.
2. Колядин Д.В., Петров И.Б. Алгоритм выделения экстремальных точек применительно к задаче биометрической верификации рукописной подписи // Электронный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ». – С. 532–540.

3. Aleksander I., Morton H. An Introduction to Neural Computing. – London: Chapman&Hall, 1990. – 240 p.
4. Cybenko G. Approximation by superposition of sigmoidal functions // Math. Control, Signal Syst. – 1989. – № 2. – P. 303–314.
5. Hornik K., Stinchcomb M. and White H. Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators // Neural Networks. – 1989. – № 2. – P. 359–366.
6. Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. – Харьков: ОСНОВА, 1997. – 112 с.

УДК 004.93

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧЕРКА

Д.И. Дикий¹, В.В. Елисеева¹, Н.В. Нечаева¹

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Ю. Грищенко¹

¹Университет ИТМО

Обзор посвящен проблеме аутентификации пользователя по представляемому им образцу рукописной подписи. В работе рассмотрены основные современные подходы к решению задач подобного рода, выявлены их особенности, а также сильные и слабые стороны каждого метода.

Ключевые слова: аутентификация, подпись, биометрия, динамика подписи.

Введение. Издавна люди узнавали друг друга по чертам лица, по голосу и другим приметам, характерным только для определенного человека. Сейчас лицо является основным признаком, по которому производят удостоверение личности человека, когда проверяют его паспорт, водительские права, пропуск для доступа в организацию – все они содержат фотографию человека, предъявляющего данные документы.

Современные технологии позволяют обеспечить точную идентификацию человека по характерным только ему одному характеристикам. Данные технологии основаны на использовании знаний биометрики. Данная наука анализирует и производит статистические наблюдения за биологическими явлениями. Поскольку биометрический параметр уникален для конкретного человека, то его применяют для однофакторной аутентификации. Биометрические характеристики можно классифицировать на физиологические и поведенческие.

Физиологические биометрические характеристики (физические биометрические характеристики, статические биометрические характеристики) – биометрические характеристики, которые получены при измерении анатомических характеристик человека.

Наиболее распространенными физиологическими биометрическими характеристиками являются:

- рисунок радужной оболочки глаза;
- отпечаток пальца;
- геометрия формы лица;
- геометрия формы кисти руки;
- рисунок кровеносных сосудов сетчатки глаза.

Поведенческие биометрические характеристики (динамические биометрические характеристики) – биометрические характеристики, которые получены при измерении действий человека.

Основная особенность поведенческих биометрических характеристик является их зависимость от времени.

Одними из самых распространенных поведенческих биометрических характеристик являются:

- частотные и статистические характеристики голоса;
- частотные и статистические характеристики рукописной подписи;
- ритм работы сердца.

Целью работы являлся обзор современных подходов к обработке такой динамической характеристики человека, как подписи.

Общие сведения. Алгоритмы выделения отличительных особенностей подписи человека, применяемые в современных системах аутентификации, можно разделить на два больших класса.

К первому классу относятся статические алгоритмы, которые работают с уже полученным изображением подписи. Изображение сначала сканируется и уже после обрабатывается системой для выделения отличительных черт почерка пользователя.

Ко второму классу алгоритмов получения особенностей подписей относятся так называемые динамические алгоритмы, принцип действия которых основан на измерении биометрических характеристик почерка пользователя в процессе написания образца. Наиболее широкое распространение получили алгоритмы, основанные на теории распознавания образов. Среди них можно выделить алгоритмы, основанные:

- на аппроксимации кривыми Безье;
- на матрице расстояний;
- на сопоставлении локальных экстремумов;
- на разложении в ряды.

Последние два метода получили наибольшее распространение, поэтому далее рассмотрены именно эти алгоритмы.

Алгоритм локальных экстремумов. В алгоритме локальных экстремумов под динамической кривой подразумевается параметрически заданная кривая от двух функций $x(t)$, $y(t)$. Информация, содержащаяся в данной временной последовательности, отражает динамику мускульных движений руки и поэтому может быть использована как биометрическая характеристика человека. Алгоритм позволяет пользователю предоставлять системе только свою подпись, которая сопоставляется с эталоном, а затем проверяется подлинность предъявленной подписи [1]. Такой метод биометрической идентификации, очевидно, обладает большей функциональностью и имеет более широкую область применения.

Динамические кривые могут быть параметризованы различными способами. Для решения задачи поиска эталона с помощью алгоритма локальных экстремумов, динамическая кривая описывается набором экстремальных точек. Однако помимо временной параметризации возможна параметризация по длине траектории, что означает постоянство скорости перемещения вдоль траектории. Также допустима аффинная параметризация по длине траектории, что означает постоянство площади параллелограмма, построенного на векторах [2]. Динамические кривые содержат информацию, как о динамике движения пера, так и о временной последовательности точек, составляющих траекторию. В алгоритме сопоставления локальных экстремумов на этапе идентификации играет роль только форма кривой. Скорость написания текста (динамика движения руки) очень тесно взаимосвязана с траекторией образца почерка. При выполнении закругленной траектории скорость написания меньше, чем при выполнении прямых участков. Стоит учитывать, что темп написания элементов текста изменяется от одного исполнения к другому, сильно осложняя проверку подлинности. Это приводит к отказу от рассмотрения других параметров почерка, как сила нажима на перо или величина наклона пишущей ручки.

Одна из первых работ в области статистического распознавания рукописного текста в СССР была сделана специалистами Ленинградского государственного университета и

Института судебных экспертиз Республики Литва [3]. В настоящей работе локальные точки отбирались ручным способом, после чего выбранные координаты вводились в ЭВМ для последующей обработки. Обычно выбирали те точки, значение кривизны траектории в которых больше пороговой. Вычисление кривизны по формуле дифференциальной геометрии требует существования второй производной по времени, что накладывает ограничение на гладкость исследуемой траектории. Исходя из этого, на практике кривизну определяют по скорости пера (для этого требуется только первая производная) как коррелированной величины [4], при этом в качестве порогового значения выбирается значение, составляющее 15–18% от средней скорости написания.

Кривизна траектории в i -ой точке семейства точек $P_{i-2}, P_{i-1}, P_i, P_{i+1}, P_{i+2}$ определяется по углу между векторами P_{i-2}, P_i и P_i, P_{i+2} . Как вариант, допустимо заменить функцию кривизны ее дискретным аналогом в виде временной последовательности изменения углов [5]. В случае установления подлинности подписи достаточно сравнить две временные последовательности точек.

Под экстремальными точками по кривизне понимаются точки, локальная кривизна траектории в которых больше порогового значения. Стоит отметить, что установка неправильного порогового значения при выполнении задачи верификации для определенного образца текста способна привести к искажению набора важных точек, и выбора точек, не обладающих необходимой кривизной.

Последовательность шагов, выполняемых для получения набора экстремальных точек:

- сглаживание;
- повторная выборка;
- нахождение критических точек;
- выделение экстремальных точек.

Первые две процедуры относятся к этапу предобработки, когда исходная траектория сглаживается и производится повторная выборка точек методом интерполяции для получения представления о кривой. Поскольку вследствие шумов в оцифровке, а также дрожания пера точки располагаются неровно вдоль траектории, то желательно производить сглаживание кривой. Для этой цели используются достаточно простые, но эффективные методы, которые сглаживают траектории по координатам точек, лежащих вблизи. Сравнивая с получившим наибольшее распространение методом «по Гауссу», методы сглаживания по соседним точкам требуют меньшую вычислительную мощность, показывая очень близкие к идеальным результаты. Полученное представление кривой используется для нахождения критических точек.

Термин «критические точки» предназначен только для обозначения тех экстремальных точек, которые предварительно найдены, в виду того, что только часть из этих точек будет исследована. Поскольку особое внимание уделяется скорости и эффективности алгоритма, точки перегиба находятся не из равенства нулю второй производной, а путем анализа знака векторного произведения. Таким образом, после выполнения данного шага получается набор критических точек, который является избыточным. Следующим шагом является удаление лишних точек, а также добавление новых, более точно характеризующих форму траектории. В частности, все точки перегиба подлежат удалению, так как располагаются в середине «прямых» участков, что снижает их информационную значимость. Вместо этого добавляются в набор экстремальные точки, условно называемые экстремумами по кривизне, но не обладающими требуемой кривизной.

Приведенный выше алгоритм опирается на локальные особенности кривой, что может приводить к потере важной информации.

Описанный подход к нахождению экстремальных точек используется для быстрого сопоставления динамических кривых. В отличие от альтернативных

существующих подходов предложенный алгоритм позволяет более качественно учитывать особенности формы траектории [6].

Алгоритмы разложения в ряды. Одними из самых распространенных алгоритмов, опирающихся на разложение в числовые ряды, являются:

- разложение в ряды Фурье;
- преобразование Радона;
- вейвлет-преобразование [7].

Рассмотрим разложение в ряд Фурье. В алгоритмах такого типа данные о динамических характеристиках рукописного текста преобразуются в функции, зависящие от времени. Так изменение расположения пера на поверхности устройства ввода характеризуется двумя функциями $x(t)$ и $y(t)$. Некоторые устройства ввода могут измерять давление нажима $p(t)$. Наиболее современные устройства ввода могут измерять угол наклона $\theta(t)$. Для различных графических планшетов координаты x и y могут изменяться в пределах $x \in [0; x_{\max}]$, $y \in [0; y_{\max}]$, где x_{\max} и y_{\max} – определяются количеством пикселей по соответствующим осям устройства ввода. Кроме функций $x(t)$, $y(t)$ обычно используют схожие функции скорости. Все вышеперечисленные функции, в том числе функция угла наклона и функция давления на чувствительный к нажатию элемент, усложняют операцию подделки подписи злоумышленником.

Во время внедрения алгоритма в систему аутентификации необходимо решить несколько основополагающих задач синхронизации отдельных параметров, отвечающих за колебания времени написания отдельных участков подписи, переменное время отрыва пера и инвариантность к размерам и поворотам вводимого пароля.

Как правило, применяют дискретное преобразование Фурье, ввиду того, что сигнал, поступающий с устройства ввода дискретный. Далее анализируются полученные гармоники: если амплитуда гармоники имеет незначительные значения относительно первых, то такие гармоники исключаются из анализа. Для работы алгоритма необходимо запомнить период первой гармоники. Это позволяет присоединить новые, последующие части подписи. Цель алгоритма – получить амплитуду и фазу значащих гармоник. Этот алгоритм становится инвариантен к факторам сжатия-расширения подписи, приводя их к нормализованному по продолжительности виду.

В качестве характеристик динамики подписи выбираются, как правило, амплитуды первых пяти или шести гармоник. Увеличение количества рассматриваемых гармоник не только не вносит огромного вклада в работу алгоритма, но и увеличивает время его работы. Выбранные значения амплитуд гармоник каждой функции нормируются. Сравнение подписей происходит непосредственным сравнением амплитуд первых шести гармоник для каждой функции $x(t)$, $y(t)$, $p(t)$, $\theta(t)$ или аналогичных им, в зависимости от системы аутентификации. Для реализации данного алгоритма необходимо использование специализированного графического планшета или иного устройства ввода, обеспечивающего возможность снятия необходимых динамических характеристик [8].

Заключение. По рассмотренным в данной работе методам и алгоритмам верификации подписи человека можно сделать вывод о том, что подходов к решению задачи сопоставления образцов подписи довольно много. Каждый из них имеет свои особенности, проявляющиеся в том, что в конкретных заданных условиях каждый из них показывает хорошие результаты. Однако универсального метода, независимого от специфики условий не существует. Таким образом, для решения какой-либо задачи, связанной с верификацией подписи человека, нужно тщательно подходить к выбору алгоритма, который покажет наилучшие результаты в тех или иных условиях [9–11].

Литература

1. Колядин Д.В. Анализ динамических кривых применительно к задаче верификации рукописной подписи // Математические методы распознавания образов (ММРО-11). – 2003. – С. 330–332.
2. Munich M.E., Perona P. Visual Signature Verification using Affine Arc-length // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition CVPR. – 1999. – P. 2180–2186.
3. Ланцман Р.М. Кибернетика и криминалистическая экспертиза почерка. – М.: Наука, 1968. – 94 с.
4. Hastie T., Kishon E. A Model for Signature Verification // IEEE International Conference on Decision. Aiding for Complex Systems. – 1991. – P. 191–196.
5. Li X., Parizeau M., Plamondon R. Detection of Extreme Points of On-line Handwritten Scripts / Pattern Recognition Progress in Handwriting Recognition, A.C. Downton (ed.), S. Impedovo (ed.). – 1997. – 6 p.
6. Колядин Д.В., Петров И.Б. Алгоритм выделения экстремальных точек применительно к задаче биометрической верификации рукописной подписи // Электронный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ». – 2005. – С. 532–540.
7. Местецкий Л.М. Математические методы распознавания образов. Курс лекций. – Изд-во: МГУ, 2004. – 85 с.
8. Еременко А.В. Повышение надежности идентификации пользователей компьютерных систем по динамике написания паролей: автореферат. – Омск, 2011. – 20 с.
9. Ахметшин А.М., Трипольская В.В. Нейросетевая верификация подписей в псевдофазной системе координат преобразования Радона // Искусственный интеллект. – 2002. – С. 658–665.
10. Гороховатский А.В. Верификация подписи на основе инвариантов преобразования Радона // Радиоэлектроника и информатика. – 2007. – № 4. – С. 95–100.
11. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166(11). – С. 1145–1170.

УДК 004.7

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ В ВИРТУАЛЬНОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

В.А. Дробышев¹

¹Университет ИТМО

Целью работы являлось измерение производительности виртуализированных компьютерных сетей для сравнения с производительностью аналогичных физических сетей. Для данной цели был создан лабораторный стенд на базе гипервизора, содержащего две виртуальные машины, двух физических серверов и маршрутизатора. В качестве эксперимента была произведена передача трех разновидностей сетевого трафика между двумя физическими серверами, двумя виртуальными машинами и между компьютером и виртуальной машиной. Результаты экспериментов показали зависимость фактической скорости передачи данных от структуры трафика в физической инфраструктуре и отсутствие такой зависимости при передаче данных между виртуальными машинами.

Ключевые слова: виртуализация, компьютерная сеть, производительность, виртуализированная сеть, структура трафика.

Существует множество факторов, влияющих на производительность компьютерных сетей [1]. Если рассматривать клиент-серверную модель, то выделяют следующие причины снижения производительности сети:

1. конфигурация сети;
2. структура и интенсивность сетевого трафика;
3. доступность вычислительных ресурсов;

4. аппаратные аспекты сети.

Для оценки влияния вышеупомянутых факторов на производительность сети было произведено несколько наборов экспериментов в физической, виртуальной и смешанной инфраструктуре. Измерение результатов экспериментов производилось с помощью утилиты NetPerf, которая позволяет генерировать и передавать пакеты между клиентом и сервером, измеряя при этом производительность сети.

Аналогичные эксперименты уже проводились сотрудниками компании VMware в 2005 году [2]. Однако так как технологии виртуализации сетей изменились за прошедшие 11 лет, то в ходе проведения работы были получены отличные результаты.

Таблица. Используемые типы трафика

	Маленькие файлы	Средние файлы	Большие файлы
Размер буфера передачи на локальном компьютере, Б	16384	16384	65536
Размер буфера приема на удаленном компьютере, Б	16384	16384	65536
Размер файла, Б	1024	8192	65536
Размер файла, Б	1024	8192	65536

В целях охвата наибольшего количества влияющих на производительность сети факторов в экспериментах использовались три типа трафика (таблица):

1. передача файлов малого размера;
2. передача среднего размера;
3. передача больших файлов.

Для получения более точных результатов передача файлов каждого типа проводилась 50 раз, фиксировалось пиковое значение скорости передачи данных.

Результаты экспериментов показали, что в физической инфраструктуре (два компьютера, соединенные напрямую) наилучшая производительность достигается при передаче больших файлов, наихудшая – при работе с файлами малого размера. Загрузка центрального процессора напрямую зависит от достигнутой скорости передачи данных.

При проведении эксперимента в смешанной инфраструктуре (виртуальная машина и физический сервер), влияние структуры трафика на производительность сети оказалась идентичной физической инфраструктуре. Однако утилизация ресурсов процессора сервера с гипервизором оказалась выше из-за накладных расходов на виртуализацию.

Проведение экспериментов в полностью виртуальной среде с использованием виртуализированных сетей (компьютерная сеть, объединяющая только виртуальные машины, без привязки к аппаратному сетевому интерфейсу) показало, что производительность такой сети стремится к пропускной способности сети независимо от передаваемого трафика. Такие результаты обусловлены тем, что сетевой трафик передается в пределах одного физического хоста и отсутствует аппаратное сетевое оборудование, которое могло бы вносить какие-либо задержки. Инженеры компании VMware пришли в своей работе к другим выводам. Очевидно, что проведенные ими эксперименты утратили свою актуальность [2].

Более подробно результаты проведенных экспериментов показаны на рис. 1. На данном рисунке для трех видов трафика (маленькие файлы, средние файлы и большие файлы) слева направо представлены пары значений (отправка трафика и получение трафика) для пары физических хостов, физического сервера и виртуальной машины и двух виртуальных машин [3–5].

Производительность для разных видов сетей, Мбит/с

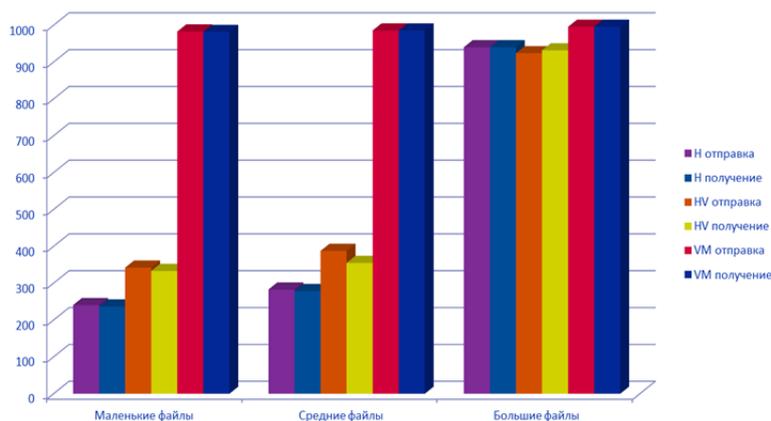


Рис. 1. Производительность для разных видов сетей: N – эксперименты между физическими хостами; HV – между физическим и виртуальным компьютерами; VM – между виртуальными машинами

Эксперименты проводились на лабораторном стенде, состоящем из двух физических серверов, сервера под управлением гипервизора VMware ESXi 6.0 с двумя виртуальными машинами и маршрутизатора (рис. 2). Как аппаратная, так и виртуализованная сети были настроены на передачу данных со скоростью 1 ГБ/с.

Архитектура лабораторного стенда

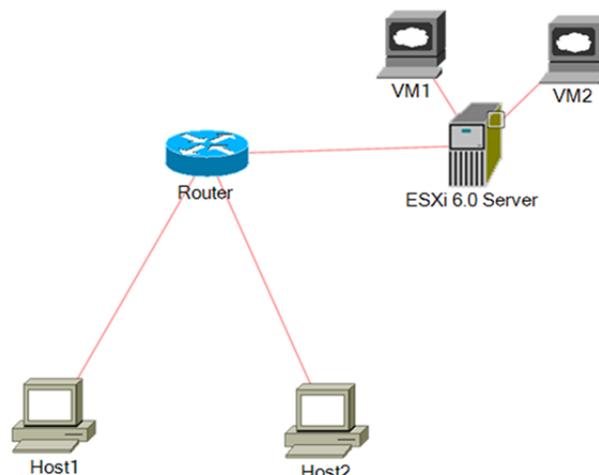


Рис. 2. Архитектура лабораторного стенда

В ходе работы были сделаны следующие выводы:

- структура передаваемого трафика оказывает существенное влияние на производительность компьютерных сетей в физической среде;
- показатели производительности виртуализованных сетей превосходят показатели аппаратных сетей при использовании сетевого адаптера с пропускной способностью 1 ГБ/с;
- виртуализация сети увеличивает нагрузку на аппаратные ресурсы.

Литература

1. Алиев Т.И. Сети ЭВМ и телекоммуникации. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 400 с.
2. Network Throughput in a Virtual Infrastructure [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vmware.com/pdf/esx_network_planning.pdf, своб.

3. vSphere Virtual Machine Administration ESXi 6.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pubs.vmware.com/vsphere-60/topic/com.vmware.ICbase/PDF/vsphere-esxi-vcenter-server-60-virtual-machine-admin-guide.pdf>, своб.
4. Kernel Virtual Machine (KVM). Best practices for KVM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ibm.com/support/knowledgecenter/linuxonibm/laat/laatbestpractices_pdf.pdf, своб.
5. Building and Installing Xen 4.x and Linux Kernel 3.x on Ubuntu and Debian Linux. Version 1.6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wiki.xensource.com/mediawiki/images/c/cb/Building_and_Installing_Xen_4.x_and_Linux_Kernel_3.x_on_Ubuntu_and_Debian_Linux.pdf, своб.

УДК 535.317

ОПЕРАЦИОННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ОЧКИ

В.В. Ежова¹, Л.Н. Андреев¹

¹Университет ИТМО

Предложена методика расчета операционных очков галилеевского типа небольшого увеличения ($2-3\times$). Для иллюстрации приведены оптические схемы и результаты абберационного расчета очков.

Ключевые слова: операционные медицинские очки, абберации.

Для повышения остроты зрения применяются различные лупы в виде одиночной линзы ($2-4\times$), телелупы, состоящие из двух компонентов, и трубки Галилея небольшого увеличения (обычно $1,5-3\times$). Недостатком таких систем является то, что плоскость предмета и изображения у данных систем не совпадают [1, 2]. При проведении ряда сложных хирургических операций врачу целесообразно иметь оптические системы очков, основным требованием которых является совмещение плоскости предмета и изображения для того, чтобы исключить дополнительное время на аккомодацию глаз при наблюдении в очках и без очков. Самым простым прибором, который позволяет это сделать – являются телескопические очки. Так как они должны давать прямое изображение, то целесообразно использовать телескопическую систему типа Галилея.

Рассмотрим вначале линзу конечной толщины и ее коррекционные возможности (рис. 1) [1].

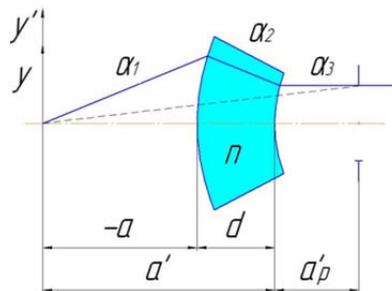


Рис. 1. Оптическая схема линзы конечной толщины

При введении следующего условия нормирования $\alpha_1 = \beta$ и $\alpha_3 = 1$ и выполнении условия $a = a' - d$ находим α_2 :

$$\alpha_2 = \frac{a\beta}{d} - \frac{a}{d} + 1. \quad (1)$$

Для определения радиусов поверхности линзы используем известное выражение рекуррентной формулы – $\alpha'n' - \alpha n = h \frac{(n' - n)}{r}$ [3, 4]. Тогда получаем:

$$r_1 = \frac{a\beta(n-1)}{\alpha_2 n - \beta},$$

$$r_2 = \frac{(a-d)(1-n)}{1-\alpha_2 n}.$$
(2)

Из рассмотрения рис. 1 вытекает, что линза обладает четырьмя параметрами: радиусами обеих поверхностей r_1 , r_2 , показателем преломления материала, из которого она выполнена n и толщиной d . Однако следует заметить, что два параметра имеют ограниченные значения: толщина линзы влияет на массу очков, а показатель преломления материала линзы лежит в пределах (1,5–1,75). Таким образом, в такой системе кроме заданной величины β и совмещения плоскостей предмета и изображения возможна коррекция одной или двух монохроматических аберраций. Для расширения коррекционных возможностей возможна замена сферической поверхности на асферическую второго порядка с уравнением $y^2 = 2r_0 z + (1 - e^2)z^2$, где e^2 – квадрат эксцентриситета асферической поверхности [1].

В случае необходимости лучшей коррекции хроматической аберрации увеличения линзу следует выполнить склеенной из «хроматической» пары стекол, у которых показатели преломления для средней длины волны близки, а коэффициенты средней дисперсии различны. Величину астигматизма можно скомпенсировать за счет изменения величины положения выходного зрачка.

На рис. 2 приведена оптическая схема рассчитанной линзы для операционных очков с увеличением $\beta = 2^\times$, передним отрезком $S = 300$ мм и положением выходного зрачка $S'_p = 25$ мм. Линза выполнена склеенной из «хроматической» пары стекол (СТК9–ТФ10). Первая выпуклая поверхность линзы выполнена асферической (гипербола). В табл. 1 и 2 приведены ее остаточные аберрации.

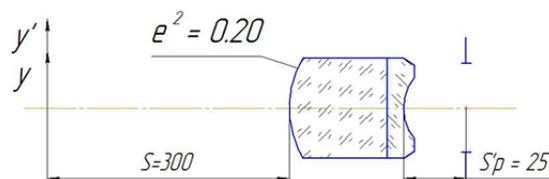


Рис. 2. Оптическая схема рассчитанной линзы для операционных очков с увеличением $\beta = 2^\times$, передним отрезком $S = 300$ мм и положением выходного зрачка $S'_p = 25$ мм

Таблица 1. Аберрации осевого пучка рассчитанной линзы

m	$\text{tg}' \cdot 100$	$\Delta s'$, мм	$\Delta y'_e$, мм	$\Delta y'_{F'}$, мм	$\Delta y'_{C'}$, мм	W_e , λ	η , %	$S'_{F'} - S'_{C'}$, мм
0,85	-0,40	0,005	0	-0,05	0,03	0	0,05	0,09
0,60	-0,30	0,002	0	-0,04	0,02	0	0,03	0,09
0	0	0	0	0	0	0	0	0,09

Таблица 2. Аберрации главного луча рассчитанной линзы

y , мм	y' , мм	S'_p , мм	Δ , %	z'_m	z'_s	$z'_m - z'_s$	$y'_{F'} - y'_{C'}$
20	40,22	25	0,005	-0,12	0,31	0,43	-0,03
14,14	28,54	25	0,003	-0,06	0,15	0,21	-0,02
0	0	25	0	0	0	0	0

В случае расчета очков большего увеличения и для уменьшения массы очков оптическая схема очков будет состоять из двух компонентов (рис. 3). Первый компонент положительной оптической силы состоит из двух плоско-выпуклых линз, обе линзы

выполнены из одного материала. Второй компонент отрицательной оптической силы выполнен в виде симметричной линзы. Фокусные расстояния компонентов определяются по формуле (3):

$$\begin{aligned} f_1' &= \frac{a\beta d}{(\beta-1)(a-d)}, \\ f_2' &= \frac{(a-d)d}{(1-\beta)a}. \end{aligned} \quad (3)$$

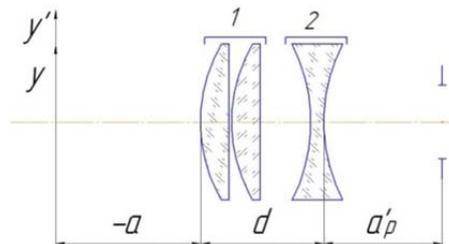


Рис. 3. Оптическая схема операционных очков, состоящая из двух компонентов

На рис. 4 приведена оптическая схема рассчитанных операционных очков с увеличением $\beta = 2,5^\times$, передним отрезком $S = 350$ мм и положением выходного зрачка $S_p' = 25$ мм. Плоско-выпуклые линзы выполнены из стекла ТК14, а симметричная линза – из стекла ТФ10. В табл. 3 и 4 приведены остаточные аберрации рассчитанных операционных очков.



Рис. 4. Оптическая схема рассчитанных операционных очков с увеличением $\beta = 2,5^\times$, передним отрезком $S = 350$ мм и положением выходного зрачка $S_p' = 25$ мм

Таблица 3. Аберрации осевого пучка рассчитанной линзы

m	$\text{tg}' \cdot 100$	$\Delta s'$, мм	$\Delta y_e'$, мм	$\Delta y_{F'}'$, мм	$\Delta y_{C'}'$, мм	W_e, λ	$\eta, \%$	$S_{F'}' - S_{C'}'$, мм
0,85	-0,50	0,005	0	-0,04	-0,03	0	0,01	2,24
0,60	-0,40	0,002	0	-0,03	-0,02	0	0,01	2,58
0	0	0	0	0	0	0	0	2,98

Таблица 4. Аберрации главного луча

y , мм	y' , мм	S_p' , мм	$\Delta, \%$	z_m'	z_s'	$z_m' - z_s'$	$y_{F'}' - y_{C'}'$
20	50,49	25	0,08	8,04	8,89	-0,85	0,97
14,14	35,54	25	0,04	4,87	4,64	0,23	0,66
0	0	25	0	0	0	0	0

В результате выполнения работы была рассмотрена методика расчета операционных очков галилеевского типа небольшого увеличения ($2-3^\times$). Были получены формулы, позволяющие определить фокусные расстояния компонентов и их конструктивные параметры. Рассчитанные медицинские очки имеют удовлетворительное качество изображения. В дальнейшем планируется для уменьшения массы очков в качестве материалов линз использовать полимерные стекла.

Литература

1. Андреев Л.Н. Прикладная теория аберраций. Учебное пособие. – СПб.: СПб ГИТМО (ТУ), 2002. – 100 с.
2. Бахолдин А.В., Черкасова Д.Н. Оптические офтальмологические приборы и системы. Конспект лекций. Часть I. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2012. – 99 с.
3. Русинов М.М. Композиция оптических систем. – Изд. 2-е. – СПб.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 382 с.
4. Слюсарев Г.Г. Методы расчета оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1989. – 672 с.

УДК 3977

ВЛИЯНИЕ ЛИДЕРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОЛЛЕКТИВА

Н.С. Елина¹

Научный руководитель – д.э.н., профессор М.М. Хайкин¹

¹Университет ИТМО

Работа посвящена вопросам лидерства. **Цель работы** понять, как лидер влияет на эффективность коллектива, и использовать это для повышения эффективности коллектива. В работе использованы самые современные тесты и анализы вопросов лидерства. Также описано применение данного материала на практике и описаны результаты применения. Лидерство в настоящий момент интересно многим, это подтвердилось множеством вопросов слушателей на V Всероссийском конгрессе молодых ученых при выступлении автора на данную тему. Опыт лидерства оказался интересен многим.

Ключевые слова: лидерство, лидер, команда, коллектив, автор.

В работе описаны модели лидерства, типы и стили лидерства, которые предлагаются известными людьми, а также сделаны выводы влияния лидерства на эффективность коллектива.

Лидерство описано в различных источниках. Разные авторы рассматривают лидерство по-своему.

Л.И. Уманский выделяет шесть типов (ролей) лидера [1]:

- лидер-организатор (выполняет функцию групповой интеграции);
- лидер-инициатор (главенствует при решении новых проблем, выдвигает идеи);
- лидер-генератор эмоционального настроения (доминирует в формировании настроения группы);
- лидер-эрудит (отличается обширностью знаний);
- лидер-эталон (является центром эмоционального притяжения, соответствует роли «звезды», служит образцом, идеалом);
- лидер-мастер, умелец (специалист в каком-то виде деятельности).

Интересной представляется типология лидерства, предложенная профессором Б.Д. Парыгиным [2]. В ее основу положены три различных критерия: по содержанию; по стилю; по характеру деятельности лидера.

Б.Д. Парыгин делит лидерство по содержанию на: лидеров-вдохновителей, разрабатывающих и предлагающих программу поведения; лидеров-исполнителей, организаторов выполнения уже заданной программы; лидеров, являющихся одновременно и вдохновителями, и организаторами.

Критерии по стилю:

- авторитарный стиль лидерства – это лидер, требующий монопольной власти. Он единолично определяет и формулирует цели и способы их достижения. Связи между членами группы сведены до минимума и проходят через лидера или под его контролем;

- демократический стиль лидерства – этот стиль, по мнению большинства исследователей, оказывается более предпочтительным. Подобные лидеры обычно тактичны, уважительны, объективны в общении с членами группы. Социально-пространственное положение лидера – внутри группы;
- пассивный стиль лидерства – такого лидера характеризует отсутствие похвалы, порицаний, предложений. Он старается уйти от ответственности, перекладывая ее на подчиненных.

Установка подобного лидера – по возможности незаметное пребывание в стороне. Лидер избегает конфликтов с людьми и устранивается от разбора конфликтных дел, передавая их своим заместителям и другим людям, старается не вмешиваться в ход деятельности группы.

Помимо названных, нередко используется классификация лидеров в зависимости от их восприятия группой. Согласно такому критерию выделяются следующие типы лидеров:

1. «Один из нас». Лидер этого типа особо не выделяется среди членов группы. Он воспринимается как «первый среди равных» в определенной сфере, наиболее удачливый или волею случая оказавшийся на руководящей должности. В целом же он, по мнению группы, живет, радуется, страдает, принимает правильные решения, делает ошибки и т.п., как и все другие члены коллектива;
2. «Лучший из нас». Лидер, принадлежащий к данному типу, выделяется из группы по многим (деловым, нравственным, коммуникационным и иным) параметрам и в целом воспринимается как образец для подражания;
3. «Хороший человек». Лидер такого типа воспринимается и ценится как реальное воплощение лучших нравственных качеств: порядочности, доброжелательности, внимательности к другим, готовности прийти на помощь и т.п.;
4. «Служитель». Такой лидер всегда стремится выступать в роли выразителя интересов своих приверженцев и группы в целом, ориентируется на их мнение и действует от их имени.

В зависимости от направленности влияния на реализацию целей организации лидерство делится на:

- конструктивное (функциональное), т.е. способствующее осуществлению целей организации;
- деструктивное (дисфункциональное), т.е. формирующееся на базе стремлений, наносящих ущерб организации (например, лидерство в сформировавшейся на предприятии группе воров или взяточников);
- нейтральное, т.е. не влияющее непосредственно на эффективность производственной деятельности (например, лидерство в группе работающих в одной организации садоводов-любителей).

На основании исследований Рэймонд Мередит Белбин выделил восемь типов ролей, которые исполняет человек в зависимости от личных особенностей и качеств в команде [3]. Это такие роли как председатель, формирователь, мыслитель, исполнитель, разведчик, оценщик, коллективист, доводчик. Все эти роли ценны в коллективе.

Роль мыслителя в коллективе подразумевает, что человек обладает яркостью идей и предприимчивостью, иными словами является предпринимателем.

Роль коллективиста подразумевает человека мягкого, дипломатичного, восприимчивого, ориентированного на общество. Коллективист чувствителен и к индивидам, и к ситуациям. Представители этого типа нередко встречаются среди высшего руководства организации.

Основным качеством исполнителей является дисциплинированность; другие же природные способности или интеллект почти всегда в их случае вторичны. Исполнители надежны, консервативны и эффективны. Они обладают внутренней стабильностью и низким уровнем беспокойства. Работают преимущественно на

команду, а не ради удовлетворения собственных интересов. Умеют реализовать идеи в практических действиях.

Председатель (координатор) – зрелый, уверенный, самодисциплинированный, спокойный, несуетливый. Умеет четко формулировать цели, продвигает решения, делегирует полномочия. Организует работу команды и использование ресурсов в соответствии с групповыми целями. Имеет ясное представление о сильных и слабых сторонах команды и максимально использует потенциал каждого члена команды. Председатель может не обладать блестящим интеллектом, но он хорошо руководит людьми. Идеальный председатель выглядит как хороший менеджер, т.е. человек, знающий как использовать ресурсы, исключительно адаптивный при общении с людьми, но в то же время никогда не теряющий своего контроля над ситуацией и своей способности принимать самостоятельные решения, основанные на собственной оценке того, что необходимо на практике.

Формирователи (приводящий в действие) всегда выступают как побудители к действию, и если команда склонна к бездействию или самодовольству, то присутствие формирователя выведет ее из этого состояния. Такой лидер – динамичный, бросает вызов, оказывает давление. Это более индивидуалистичный, чем председатель тип лидера, который подталкивает людей к действиям и, увлекая их за собой, столь же часто приводит команду к неудаче, как и к успеху. Его мужество и энергия позволяют преодолевать трудности.

Разведчик (исследователь ресурсов) – экстравертивный тип генератора идей. Энтузиаст, общителен. Это еще один член команды, ориентированный на предложение новых идей. Однако способ генерации идей разведчиками и сам характер предлагаемых ими идей отличны от мыслителей. Разведчики особо искусны в изучении ресурсов за пределами команды.

Оценщик объективен при анализе проблем и оценке идей. Редко охваченный энтузиазмом, он защищает команду от принятия импульсивных, отчаянных решений. Представители этой роли ярко не проявляют себя в команде до тех пор, пока не приходит время принятия важных решений. При этом члены команды, предлагающие идеи (мыслитель и разведчик) редко являются теми людьми, которые способны оценить выгоду от своих идей и их последствия. Представители этой роли отличаются высоким интеллектуальным уровнем, высокими показателями критичности мышления, особенно это касается их способности выдвигать контраргументы.

Доводчик старателен и добросовестен. Ищет ошибки и упущения. Контролирует сроки выполнения поручений. Как правило, об успехе команды судят по окончательным результатам ее работы. При этом многие люди почти патологически не могут довести начатое ими до конца, и умение завершать начатое является достаточно редким качеством. Доводчики – это люди, обладающие этим даром в полной мере. Их отличает внимание к деталям и умение держать в голове запланированное, обеспечивая, чтобы ничего не упускалось и все детали плана были доведены до завершения.

Если проанализировать тест по потребностям Энтони Робинсона, то существует шесть базовых потребностей человека: разнообразие, быть номером один, потребность в любви и общении, стабильность, личностный рост, потребность в отдаче в мир [4]. Исходя из этих потребностей, у человека имеются две главные потребности, которые он (она) стремятся удовлетворить.

Если у человека, например, две главные потребности: потребность в любви и общении, и быть номером один, то у этого человека движущее желание стать лидером команды и создать гармонию и мир в группе. Что является наилучшим показанием к лидерству.

Существует мнение, что лидером может быть каждый. Однако в реальности у разных лидеров получаются разные результаты и свои успехи и неудачи. Смотри, каковы ценности лидера, такие успехи и неудачи возможны у его команды.

Если смотреть лидерство, на опыте автора настоящей работы, то главные ценности такого лидера – это возможность достичь личных целей каждого участника команды и личных целей команды. Лидер ценит делегирование и реализацию каждого участника.

Недавно была создана команда из семи человек, в которой лидером был автор. Подбор участников команды был проведен, используя тест Белбина и тест Робинсона. Команде были поставлены условия – достичь и создать свой бизнес, и достичь определенных финансовых результатов за два месяца. Цели команды достигнуты были в малой степени. Личные цели участников команды, т.е. цели, которые они поставили себе лично, были достигнуты на 80%.

Анализируя большой опыт участия в командах автора в качестве лидера можно сделать вывод, что наилучшие результаты у команды получаются, когда лидер берет ответственность за действия людей в своей команде, за свои действия.

Лидерство автора можно описать по Уманскому. Получается, что автор – лидер-организатор – выполняющий функцию групповой интеграции; лидер-инициатор – главенствующий при решении новых задач, выдвигающий идеи, однако внедрение их не всегда возможно в силу того каковой личностью является лидер и с какими личностями взаимодействует. С одними людьми взаимодействие происходит легко, с другими сложнее. Здесь влияют многие факторы. Развитие лидера, участников команды решает многие вопросы. Можно сказать, что эффективность коллектива, команды во многом зависит от выстроенных отношений, а главное от возможностей и созданных условий для реализации каждого участника команды, в том числе и лидера. Так как основной плюс коллектива, команды в отличие от одиночного «игрока» в синергии, в том, что усиливаются энергии и результаты участников. Конечно, это возможно, только если участники команды не мешают друг другу, а усиливают друг друга. Для этого и созданы тесты, в том числе тесты Белбина, Робинсона и другие, чтобы выявить и создать усиления, а не ослабления команды и ее участников. Однако как показал опыт создание команды, используя тесты Белбина и Робинсона, это не всегда эффективно и достаточно для высоких результатов команды.

Инициатор данных команд лидер-генератор эмоционального настроения, поддерживал эмоциональный настрой и доминировал в формировании настроения группы. По поводу лидера-эрудита – знания у лидера есть, однако была не уверенность. Роль лидера-эталона и лидера-мастера у автора не было. Можно сделать вывод, что в данном вопросе сильное влияние имеет уверенность, доверие, мастерство, опыт. Что, однако, тоже не гарантирует успех. Также на создание эффективной команды, коллектива влияет окружение. Создание эффективной команды будет продолжено.

С ролью лидера-вдохновителя, организатора выполнения заданной программы капитан справился на 80%, с ролью лидера-исполнителя – на 60%. Из команды никто не ушел, все шли до конца и вкладывались в результат, это было связано с оказываемой поддержкой участникам в трудные моменты, вдохновением, повышением веры в себя.

Стиль лидерства капитана демократичный. У него были роли «Один из нас» и «Служитель». Роль «Хороший человек» была проявлена не полностью.

Количественные показатели эффективности коллектива оставляют желать лучшего. Однако качественные показатели есть, появились такие навыки как вера в свои способности, создание новых сфер бизнеса, умение делать сайт, умение продвигать свои проекты, некоторые стали более общительными, была возможность делиться опытом, получение поддержки и понимание, что люди доброжелательны и готовы помочь в достижении твоей мечты.

По мнению автора работы, влияние лидера на его коллектив очень важно. И необходимость работать с лидером и развивать человека как лидера, ответственного за свою жизнь, свое дело очень важно. Наиболее полно можно стать ответственным

человеком, когда являешься предпринимателем. По опыту работы и наблюдения за другими лидерами, можно сказать, что большинство лидеров-руководителей ставят цели, которые они хотят достичь от коллектива. Однако не редко не учитывается реализация и потребности участников команды, раскрытие талантов каждого, так как, если давать возможность каждому человеку раскрываться, проявлять свою индивидуальность, верить в каждого, то это принесет большие результаты компании чем, когда человек только «винтик», который можно заменить. Так как если человек действительно реализуется, а не выполняет «работу», то здесь включается вдохновение, новый подход, развитие, что идет на пользу, как самому человеку, так и компании.

В данной работе были рассмотрены известные роли лидерства, раскрыта актуальность данной темы и рассмотрено лидерство на личном опыте автора. Возникло много вопросов. Например, стоит ли требовать от другого того что сам не делаешь. В любом случае человек больше, чем его роли. А роль является лишь одним из инструментов для достижения целей и не всегда эффективным.

Литература

1. Уманский Л.И. Личность. Организаторская деятельность. Коллектив. Избранные труды. – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2001. – 208 с.
2. Парыгин Б.Д. Руководство и лидерство // Руководство и лидерство: сб. – Л.: ЛГПИ, 1973. – 208 с.
3. Белбин Р.М. Типы ролей в командах менеджеров. – М.: Гиппо, 2003. – 240 с.
4. Робинсон Т. Книга о власти над собой. – М.: Попурри, 2010. – 592 с.

УДК 681.587.72

РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ АЗИМУТАЛЬНОЙ ОСИ ТЕЛЕСКОПА ТРАЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ «САЖЕНЬ» С ОГРАНИЧЕНИЕМ НОРМЫ H_∞

В.Д. Елистратов¹, А.Г. Ильина¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрена целесообразность применения робастной системы управления с ограничением нормы H_∞ для телескопа траекторных измерений «Сажень». Для объекта управления электропривода угломестной оси формирована математическая модель с учетом параметрической неопределенности момента инерции и параметров двигателя. На основании 2-Риккати подхода синтезирован робастный регулятор, подавляющий возмущения, производимые параметрической неопределенностью объекта, а также придающий последнему свойство астатизма как по задающему, так и по возмущающему воздействиям.

Ключевые слова: робастное управление, частотная норма, параметрическая неопределенность.

Проектирование и эксплуатация систем автоматического управления промышленными объектами показала, что системы, синтезированные по критериям модульного, симметричного оптимумов и по квадратичному критерию качества, чувствительны к изменениям параметров объектов управления, характеристикам входных и возмущающих воздействий, к изменениям структуры и параметров модели объекта управления (ОУ); эти системы могут терять и оптимальность, и работоспособность, если информация об объекте и среде функционирования известна с некоторой достоверностью или неопределенностью [1]. Для электропривода азимутальной оси телескопа траекторных измерений (ТТИ) «Сажень» характерны

особенности, заведомо ограничивающие точности слежения и наведения получаемых замкнутых систем регулирования положения, такие как: наличие кабельного перехода, создающего переменное возмущающее воздействие, и, кроме прочего, создающего препятствие для точной параметрической идентификации ОУ; зависимость момента инерции угломестной оси, приведенного к азимутальной оси, от углового положения угломестной оси; отсутствие возможности измерения положения второй массы и многое другое [2]. В связи с вышесказанным представляет интерес синтез робастной системы управления электроприводом азимутальной оси телескопа, которая позволила бы в условиях неточных данных о параметрах электропривода и нагрузки, а также в условиях неизмеряемых переменных возмущающих воздействий, получать желаемые точности наведения и слежения. В настоящей работе по данному направлению было решено применить регулятор с ограничением нормы H_∞ , представив электропривод азимутальной оси телескопа траекторных измерений (ТТИ) «Сажень» двухмассовой моделью с нежесткой связью. Создание модели требовало проведения параметрической идентификации, которая, по ряду упомянутых причин, не может быть проведена абсолютно точно, и в математической модели будут содержаться погрешности параметров, приводящие к дополнительным внутренним возмущениям системы. Цель искомого регулятора – подавление этих внутренних возмущений.

Проведение параметрической идентификации и определения интервалов разброса параметров объекта. Двухмассовая система с обобщенным электромеханическим преобразователем (ОЭМП) математически представляется следующей системой уравнений

$$\begin{cases} \frac{dM}{dt} = -\frac{1}{T_e}M + \frac{\beta}{T_e}(\omega_0 - \omega_1) \\ \frac{d\omega_1}{dt} = \frac{1}{J_1}M - \frac{1}{J_1}M_{12} - \frac{1}{J_1}M_{c1} \\ \frac{dM_{12}}{dt} = c_{12}\omega_1 - c_{12}\omega_2 \\ \frac{d\omega_2}{dt} = \frac{1}{J_2}(M_{12} - M_{c2}) \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_e} & -\frac{\beta}{T_e} & 0 & 0 \\ \frac{1}{J_1} & 0 & -\frac{1}{J_1} & 0 \\ 0 & c_{12} & 0 & c_{12} \\ 0 & 0 & \frac{1}{J_2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\beta}{T_e} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{J_1} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{J_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_0 \\ M_{c1} \\ M_{c2} \end{bmatrix},$$

где вектор состояний состоит из электромагнитного момента, угловой скорости первой массы, момента скручивания вала и угловой скорости второй массы соответственно. Вектор входных воздействий состоит из желаемой скорости вращения первой массы и моментов сопротивлений обеих масс соответственно. Коэффициент β – жесткость механической характеристики ОЭМП. С помощью параметрической идентификации средством MATLAB/System Identification Toolbox при известном значении электромагнитной постоянной – $T_e = 10^{-3}$ [с] – были получены следующие значения:

$$\begin{cases} \beta = 16 \pm 2 \\ J_{\Sigma v} = 3,9 \left[\text{кг} \cdot \text{м}^2 \right] \end{cases},$$

где $J_{\Sigma v}$ – сумма моментов инерции первой и второй массы при положении азимутальной оси в вертикальном положении. С помощью 3D-моделирования опорно-поворотного устройства (ОПУ) в системе SolidWorks получены следующие значения момента инерции первой массы и моментов инерции второй массы в зависимости от положения нагрузки азимутальной оси:

$$\begin{cases} J_1 = 0,524 \left[\text{кг} \cdot \text{м}^2 \right] \\ J_{2v} = 3,376 \left[\text{кг} \cdot \text{м}^2 \right] \\ J_{2g} = 3,168 \left[\text{кг} \cdot \text{м}^2 \right] \end{cases}.$$

Жесткость скручивания вала, соединяющего обе массы, определялась на основании значения резонанса крутильных колебаний вала азимутальной оси, значение которого получено с помощью модального анализа, проведенного в Ansys: 374 Гц. Значение жесткости при этом будет составлять $c_{12} = 2,5 \cdot 10^6$ [Нм].

В полученной модели существует неопределенность двух величин:

$$\begin{cases} \beta = 16 \pm 2 \\ J_2 = 3,272 \pm 0,104 \left[\text{кг} \cdot \text{м}^2 \right] \end{cases}.$$

Эти неопределенности необходимо учесть в структурной схеме двухмассовой модели. Алгебраически учтем неопределенность параметров следующим образом: $x \Rightarrow x(1 + p_x \delta_x)$, где x – номинальное значение; p_x – максимальное отклонение от номинального (например, для момента инерции второй массы оно будет составлять 0,104); δ_x – показатель отклонения величины от номинальной в данный момент времени. Полученную алгебраическую модель необходимо преобразовать для введения неопределенности в структурную модель двухмассовой системы. Для этого воспользуемся линейным дробным преобразованием [3], которое преобразовывает элементарные усилители (звенья «gain» в MATLAB) в схему с неопределенным значением коэффициента усиления:

$$\beta(1 + p_\beta \delta_\beta) \Rightarrow \begin{bmatrix} y_\beta \\ v_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \beta \\ p_\beta & \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_\beta \\ \omega_0 - \omega_1 \end{bmatrix},$$

$$\frac{1}{J_2(1 + p_{J_2} \delta_{J_2})} \Rightarrow \begin{bmatrix} y_{J_2} \\ v_{J_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -p_{J_2} & \frac{1}{J_2} \\ -p_{J_2} & \frac{1}{J_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{J_2} \\ x_3 - M_{c2} \end{bmatrix}.$$

Здесь первый элемент результирующего вектора – выходное значение после усиления, второй – сигнал, подающийся на блок неопределенности; первый элемент входного вектора – сигнал воздействия неопределенности, второй – сигнал, нуждающийся в усилении. На рис. 1 показана дискретная ситуационная сеть (ДСС) объекта управления; пунктиром показан будущий регулятор.

Следующий шаг – синтез искомого регулятора. Синтез регулятора в данной работе будет выполняться с помощью средств MATLAB и следующего алгоритма:

1. представление объекта в виде ММО-системы;
2. описание ОУ методом «пространство-состояние»;
3. выбор весовых функций (полунорм, обеспечивающих заданное качество переходного процесса) [3];
4. синтез разомкнутой системы с весовыми функциями;
5. синтез регулятора.

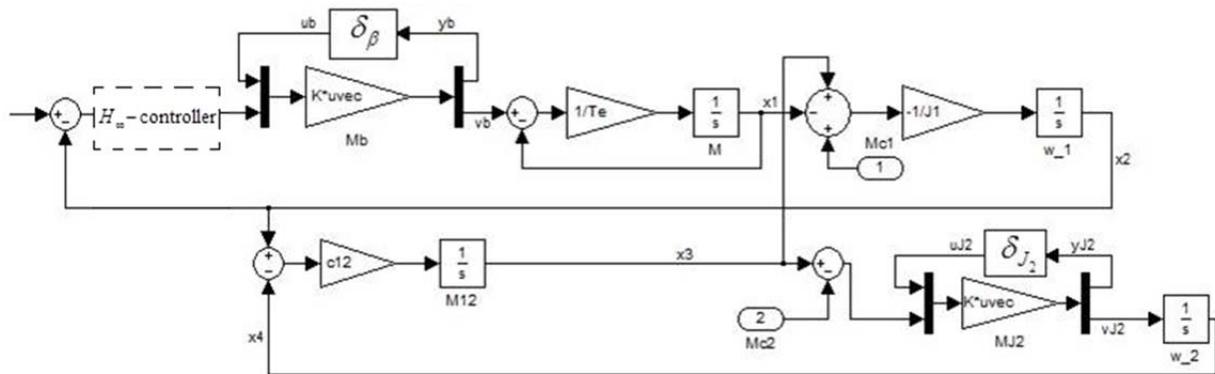


Рис. 1. ДСС объекта и системы управления

Для выполнения первого пункта система представляется в виде объекта, на вход которого подается две величины и на выходе также есть две величины. Детально этот шаг описывается в [3], а в нашем случае входными величинами объекта будут являться два вектора – вектор входных воздействий и вектор внутренних возмущений (переменные u_i). Выходными величинами же будет угловая скорость первой массы и вектор инициации внутренних возмущений (переменные y_i), который и желательно минимизировать.

На данный момент не существует аналитического способа выбора весовых полунорм [3], в современной литературе рекомендуется выбирать их эмпирически. В зависимости от количества весовых функций (от 1 до 3) системы управления делятся на системы с соответствующим количеством степеней свободы. Остановимся на системе с двумя степенями свободы – будем контролировать через призму весовой функции управления (константа) сигнал управления, а с помощью весовой функции выхода (фильтр нижних частот) – выходной сигнал, по которому замкнута система. В нашем случае это угловая скорость первой массы.

Для исследуемого ОУ были выбраны следующие весовые функции:

$$\begin{cases} W_y(p) = 10^{-3} \frac{p^2 + 0,8p + 2000}{p^2 + 2p + 0,001} \\ W_u(p) = 0,1. \end{cases}$$

После того, как в MATLAB была сформирована модель ОУ с весовыми функциями, по этой модели с помощью функции `hinfscd` формируется искомый регулятор. Полученный регулятор представлен в формате «пространство-состояние» и имеет шестой порядок – сумма порядков весовых функций и объекта. На рис. 2 показаны два семейства кривых – переходные процессы систем без регулятора (пунктирные линии) и с регулятором (сплошные линии) при подаче в нулевой момент времени единичного задающего сигнала, и подаче возмущающего сигнала в момент времени 2 с. Вариации значений неопределенных параметров образуют семейства кривых. Регулятор, как можно увидеть на рисунке, обеспечивает астатизм как по задающему, так и по возмущающему воздействию, коим выступает момент нагрузки на первую массу (это может быть момент трения кабельного перехода). Также обеспечивается выход на заданную траекторию при

постоянно действующем моменте трения кабельного перехода с нулевого момента времени. Соответствующим выбором весовых функций можно обеспечивать как максимальное значение перерегулирования, так и максимальную величину сигнала управления.

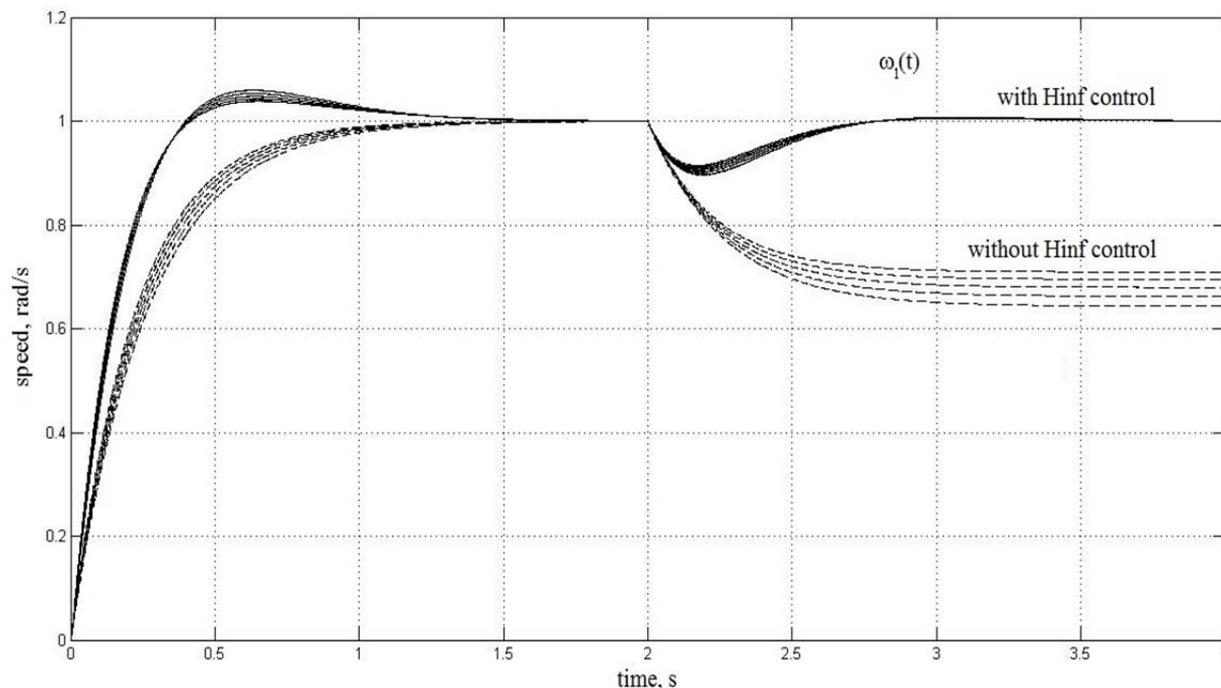


Рис. 2. Переходные процессы модели без и с H_∞ регулятором

Таким образом, для ГТИ «Сажень» была сформирована математическая модель двухмассовой системы с нежесткой механической связью и параметрической неопределенностью. Для подавления внутренних возмущений, вызванных параметрической неопределенностью, для этой модели синтезирован регулятор ограничения нормы H_∞ , обладающий свойствами астатизма по задающему и возмущающему воздействию. Энергетические, точностные и временные характеристики переходных процессов скорректированного объекта могут настраиваться с помощью соответствующего выбора весовых функций, а сам скорректированный объект (обладающим свойством робастности к параметрической неопределенности) пригоден для дальнейшего построения прецизионной следящей системы управления [4].

Литература

1. Пупков К.А., Егупов Н.Д., Гаврилов А.И. и др. Методы робастного, нейронечеткого и адаптивного управления: учебник для вузов. – 2-е изд., стер. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 743 с.
2. Ильина А.Г. Следящий электропривод системы наведения квантово-оптического комплекса: дисс. канд. техн. наук. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 169 с.
3. Gu D.W., Petkov P., Konstantinov M.M. Robust control design with MATLAB. – London: Springer, 2005. – 389 p.
4. Zames G. Feedback and optimal sensitivity: Model reference transformations, multiplicative seminorms, and approximate inverses // IEEE Trans. Aut. Control. – 1981. – V. 26. – № 2. – P. 301–320.

УДК 621.316.71

УСИЛИТЕЛЬНО-ПРЕОБРАЗУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ ГАЗОВОГО ПИТАНИЯ КОМПЛЕКСА КОМАНДНЫХ ПРИБОРОВ**К.А. Ерков¹, Д.А. Субботин¹**¹Университет ИТМО

В работе рассмотрена разработка усилительно-преобразующего устройства системы газового питания на отечественной элементной базе, обеспечивающей работоспособность системы при одной возможной неисправности, в условиях воздействия полей ионизирующего излучения космического пространства, способной поддерживать величину давления в камере наддува в необходимом диапазоне.

Ключевые слова: усилительно-преобразующее устройство, трехфазный выходной каскад, полевые транзисторы, управление частотой вращения вентильного двигателя.

Для ориентации и стабилизации движения летательного аппарата используется комплекс командных приборов. Специфической особенностью комплексов, рассматриваемых в работе, явилось построение их на базе гироскопов с бесконтактным подвесом чувствительного элемента. Известны гироскопы со сферическими газостатическими подвесами. Сферический газостатический подвес представляет собой механическую систему, состоящую из рабочих (несущих, опорных) поверхностей ротора и несущего элемента (НЭ), которые имеют сферическую форму и разделены слоем газовой смазки, поступающей из камеры наддува под давлением через проницаемую рабочую поверхность НЭ, или рестрикторы, называемые также ограничителями расхода [1]. Камера наддува представляет собой компрессор с бесконтактным двигателем постоянного тока. В результате работы системы, необходимо стабилизировать величину давления на определенном уровне, так как газ из камеры наддува через рестрикторы поступает в зазор между рабочими поверхностями ротора и несущего элемента, а из зазора – в окружающую среду. В результате слой газовой смазки, который образуется в зазоре, предотвращает соприкосновение ротора и несущего элемента. Таким образом, поддержание величины давления в камере необходимо для достижения максимальной точности и несущей способности.

Система газового питания представляет собой замкнутую систему управления, входными сигналами которой являются данные от датчика положения ротора (ДПР) и датчика давления (ДД), а выходной величиной является давление в камере наддува, поддерживаемое компрессором. Для обеспечения обратной связи и преобразования сигналов, поступающих с ДД и ДПР, используется усилительно-преобразующее устройство, которое структурно состоит из формирователя широтно-импульсно-модулированного сигнала, необходимого для создания импульсов различной скважности, формирователя управляющих сигналов фаз, необходимого для создания закона управления ключами выходного каскада, канала телеметрии, предназначенного для обработки информации о текущем давлении в камере наддува, а также ключевого усилителя мощности.

При разработке усилительно-преобразующего устройства необходимо учитывать ряд требований, которые она должна обеспечивать. К таким требованиям можно отнести: срок службы платы 26,5 лет, использование отечественной элементной базы, обеспечение работоспособности в условиях спецвоздействий при одной возможной неисправности, сохранение характеристик при изменении напряжения питания от 24 В до 33 В и повышении тока до 7 А. Частота сигнала поступающего с датчика давления соответствует 25 кГц.

Отличие данной версии усилительно-преобразующего устройства от предыдущих версий состоит в ключевом усилителе мощности, построенном не на биполярных транзисторах, а на полевых транзисторах, что обеспечивает ряд преимуществ, таких

как: отсутствие процессов диффузионного накопления и рассасывания зарядов, высокое входное сопротивление, меньше чувствительность к ионизирующим излучениям, отсутствие рекомбинационных шумов [2].

В качестве схемы ключевого усилителя мощности на полевых транзисторах была использована схема с P-канальным верхним и N-канальным нижним транзисторами. На рис. 1 представлены полумосты биполярных и полевых транзисторов с включением активной нагрузки между верхними и нижними силовыми ключами.

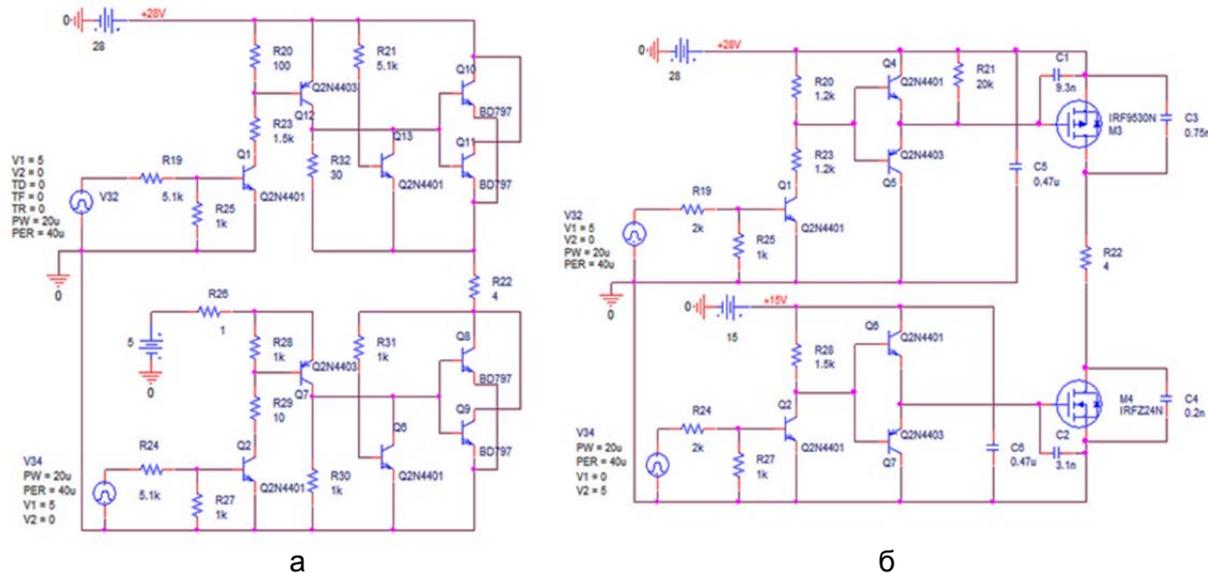


Рис. 1. Полумосты биполярных (а) и полевых (б) транзисторов с включением активной нагрузки между верхними и нижними силовыми ключами

Рассмотрим принцип работы схемы полумоста на полевых транзисторах. На биполярные транзисторы Q1, Q2 поступают логические сигналы напряжения уровня 0 В или 5 В. Верхний ключ открывается при логической 1, а нижний ключ при логическом 0.

Рассмотрим работу сначала верхнего ключа при подаче логической 1. Для открытия полевого транзистора M3 необходимо подать ему на затвор напряжение относительно истока 15 В. В результате подачи 5 В на базу транзистора Q1 он открывается, и в узле между R20 и R23 устанавливается напряжение 14 В, которое через эмиттерный повторитель на транзисторах Q3 и Q4 передается на затвор полевого транзистора M3, при этом открывая его с наименьшим сопротивлением в открытом состоянии. Для закрытия полевого транзистора M3 необходимо создать напряжение затвор-исток 0 В. Это обеспечивается подачей на затвор полевого транзистора M3 напряжения 28 В через балластное сопротивление R21.

Работа нижнего ключа схожа с работой верхнего ключа. Транзистор M4 также при напряжении затвор-исток 15 В, которое обеспечивается внешним источником питания. Однако, как говорилось ранее, нижний ключ открывается нулевым логическим сигналом. При этом транзистор Q2 закрыт и напряжение в узле между R28 и коллектором транзистора Q2 равно 15 В и передается через эмиттерный повторитель на затвор полевого транзистора M4. При подачи логической 1, транзистор Q2 открывается и потенциал в узле между R28 и коллектором транзистора Q2 становится равным нулю, тем самым открывая транзистор Q7 и устанавливая напряжение затвор-исток равным 0,7 В, достаточное для запирающего транзистора M4.

Для снижения влияния высокочастотных помех в цепи затвора полевых транзисторов M3, M4 устанавливаются емкости C5, C6.

Для моделирования электронных схем воспользовались системой автоматизированного проектирования OrCAD. Так как у отечественного производителя

отсутствуют PSpice-модели полевых транзисторов, то использованы для моделирования импортные аналоги отечественных транзисторов 2Т7190ИР (Р-канал и N-канал в одном корпусе) – IRF9530N (Р-канал) и IRFZ24N (N-канал). При идентичных параметрах импортные полевые транзисторы обладают меньшими величинами входной, выходной и проходной емкости, поэтому необходимо учесть недостающие емкости. На рис. 1 – это емкости C1, C2, C3, C4. Также было произведено моделирование полумоста на биполярных транзисторах и сравнение его с полумостом на полевых транзисторах.

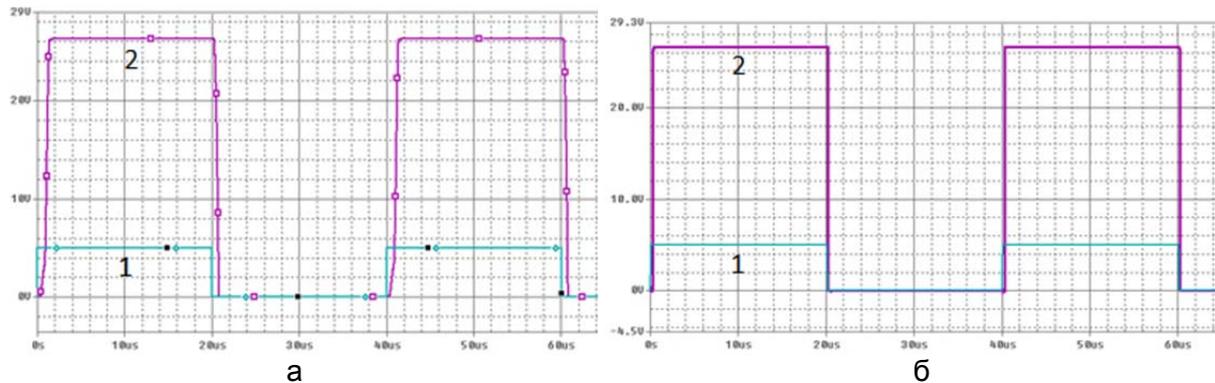


Рис. 2. Результаты моделирования полумоста на биполярных (а) и полевых (б) транзисторах с включением активной нагрузки между верхними и нижними силовыми ключами

Результаты моделирования полумоста на биполярных и полевых транзисторов с включением активной нагрузки между верхними и нижними силовыми ключами представлены на рис. 2. Линия 2 – это напряжение на активном сопротивлении, выступающим имитатором активной нагрузки, а линия 1 – это управляющий логический сигнал, поступающий на верхний и нижний ключи. На рис. 2 видно, что полумост на биполярных транзисторах уступает динамическим характеристикам полевых транзисторов, как и предполагалось ранее.

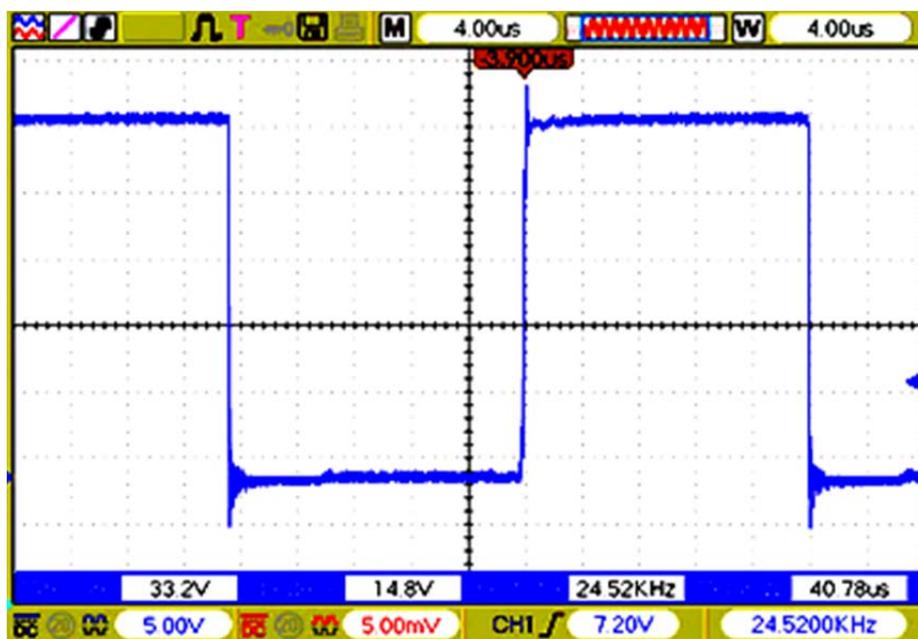


Рис. 3. Напряжение на активной нагрузке между верхним и нижним силовыми ключами. Результаты макетирования полумоста на полевых транзисторах

Макетирование полумоста на полевых транзисторах производилось также на импортных аналогах, с доведением характеристик емкостей до отечественных полевых транзисторов. Результаты напряжения на активной нагрузке при макетировании

полумоста на полевых транзисторах представлены на рис. 3.

На рис. 3 видно, что в результате макетирования напряжение на нагрузке совпало с результатом моделирования. Небольшая колебательность обусловлена индуктивностью проводов при измерении.

Рассчитаем и сравним потери в биполярном и полевом транзисторе при активной нагрузке. Потери полевого транзистора можно разделить на два вида: потери в статическом режиме и потери на переключение. Потери в статическом режиме (1) определяются I_D током, протекающим через открытый ключ, и сопротивлением в открытом состоянии R_{ON} .

$$P_S = I_D^2 R_{ON} \gamma, \quad (1)$$

где γ – относительная длительность открытого состояния ключа.

В нормальном режиме работы усилительно-преобразующее устройство должно потреблять ток величиной 2 А. Отсюда величина статических потерь при относительной длительности открытого состояния ключа, равной половине периода, равна 0,12 Вт.

Потери на переключение тоже подразделяются на две группы – потери в цепи управления P_G и потери в силовой цепи ключа P_D . Потери в цепи управления рассчитываются по формуле (2) и равны 0,012 Вт.

$$P_G = U_{S_{ON}} Q_G f, \quad (2)$$

где $U_{S_{ON}}$ – относительная длительность открытого состояния ключа; Q_G – величина заряда затвора; f – частота переключения ключа.

Потери в силовой цепи ключа определяются по формуле (3) и равны 0,14 Вт.

$$P_D = \frac{U_{CC} I_D (t_2 - t_1)}{2T}, \quad (3)$$

где U_{CC} – напряжение питания; t_2 – момент времени, когда усилительный режим заканчивается; t_1 – момент времени, когда транзистор отпирается и переходит в усилительный режим; T – период переключения сигнала.

Суммарные потери в полевом транзисторе вычисляются как сумма всех потерь и равны 0,273 Вт. В то время как суммарные потери на биполярном транзисторе 432ЕПЗ равны 0,6 Вт.

В результате использования каскада на полевых транзисторах по сравнению с биполярным получили лучшие динамические характеристики за счет отсутствия процессов диффузионного накопления и рассасывания зарядов, больший коэффициент полезного действия за счет уменьшения потерь и количества элементов в каскаде, а также повысили стойкость вследствие меньшей чувствительности полевых транзисторов к ионизирующим излучениям.

Литература

1. Лукьянов Д.П., Распопов В.Я., Филатов Ю.В. Основы теории гироскопов. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электронприбор», 2015. – 339 с.
2. Белоус А.И., Ефименко С.А., Турцевич А.С. Полупроводниковая силовая электроника. – М.: Техносфера, 2013. – 216 с.

УДК 004.056

**РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕР ЗАЩИТЫ ПРИ РАБОТЕ
С КРИПТОВАЛЮТАМИ****Ж.А. Жайбергенова¹****Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Оголюк¹**¹Университет ИТМО

В мире цифрового развития криптовалюты занимают новое и особое место. Главное отличие биткоин от других валют в том, что она не контролируется ни одним правительством. Отсутствие контроля со стороны является преимуществом для мошенников и фишинга. Изобретение Сатоши Накамото имеет открытый исходный код, одноранговую сеть и цифровую валюту. Как и любые другие криптовалюты, они были связаны с многочисленными мошенничествами, кражами, несуществующими «биржами», и потерями кошельков, содержащих огромное количество денег.

Ключевые слова: защита информации, криптовалюта, биткоин, внешние угрозы.

Введение. На современном этапе развития электронных валют постоянно выявляются новые проблемы и угрозы информационной безопасности (ИБ), соответственно возникают все новые риски, реализация которых может повлечь за собой ощутимый финансовый или интеллектуальный ущерб для частных пользователей и организаций. Для того чтобы избежать последствий реализации угроз безопасности информации, необходимо разработать методику дополнительных мер защиты ИБ, применительно к криптовалютам [1–3].

До недавнего времени большинство денежных систем в мире зависели от финансовых властей – выдавать и поддерживать деньги. Электронная коммерция опирается на эти органы или другие финансовые учреждения, чтобы служить в качестве доверенных третьих лиц при обработке платежей. Несмотря на то, что это работает достаточно хорошо, в большинстве ситуаций зависимость от доверенных сторон имеет определенные недостатки. Многие финансовые учреждения требуют от пользователей раскрывать свою личность. Торговцы страдают от возвратных платежей и вынуждены поднимать цены и просить у клиентов получения дополнительной персональной информации, необходимой для предоставления товаров и услуг. В результате потребители остались с небольшим количеством личной жизни. Кроме того, финансовые институты могут «заморозить» счета клиентов или вызвать другие неудобства, так как клиенты зависят от них в большой степени.

Для того чтобы понять принцип работы биткоин, пользователи также должны знать определенные криптографические концепции. Криптография – это искусство и наука о сохранении сообщения конфиденциальной и безопасной. В дополнение к этому, криптография также в состоянии обеспечить аутентификацию, целостность и безотказность сообщений. В этом контексте эти слова имеют следующие значения:

1. аутентификация. Киберпреступник не должен притвориться кем-то другим;
2. целостность. Злоумышленник не должен заменить ложное сообщение;
3. неотречаемость. Отправитель не должен отрицать позже, что он послал сообщение.

Если две стороны хотят отправлять сообщения безопасно, они могут использовать шифрование, чтобы скрыть реальное содержимое сообщений (открытого текста) и преобразовывать их в шифротексты, т.е. чтобы сделать их нечитаемыми кем-либо другим. Принимающая сторона может выполнить дешифрование для восстановления открытого текста. Как правило, алгоритмы шифрования и дешифрования хорошо известны, и ключи только шифрования/дешифрования поддерживаются в секрете. Если обе стороны используют один и тот же ключ для шифрования и дешифрования, они используют алгоритм симметричного шифрования. Симметричные алгоритмы обеспечивают конфиденциальность, но для достижения других целей нужны другие методы, такие как хэш-функции.

Существует много алгоритмов с открытым ключом, и алгоритм RSA является наиболее широко используемым. Существует также другое семейство открытых ключей алгоритмов, известных как криптосистемы на эллиптических кривых (ECC).

Существующие угрозы. В официальном Bitcoin Wiki перечислено 17 потенциальных угроз биткоин сети и стандартных клиентов. В ходе работы угрозы были разделены на внешние и внутренние. В табл. 1 можно увидеть перечисленные угрозы.

Таблица 1. Классификация угроз

Внешние	Внутренние
Воровство кошелька	Потеря кошелька
Блокировки действий с кошельком	Забыли пароль
Мошенничество, фишинг	Ошибка RAW-транзакций
Монетизация вредоносных программ	
Кража и порча аппаратного обеспечения	
Атака на сетевой трафик	
Спам-рассылки	

В табл. 2 представлены существующие на данное время вредоносные программы.

Таблица 2. Существующие вредоносные программы для биткоин

Вымогательство	Кража	Мошенничество	Продажа
Trojan-Ransom, Ddos-bot	Trojan-Spy, Trojan-PSW, Form Grabbers, Trojan.BitcoinMiner	Trojan-FakeAV, Hoax	Trojan-Dropper, Trojan-Downloader, Trojan-Clicker, Spam Bots

Анализ вредоносной программы. Рассмотрим распространенную вредоносную программу Trojan.BitcoinMiner из табл. 2. После того, как целевой компьютер будет заражен Trojan.BitcoinMiner, программа будет использовать различные способы, чтобы защитить себя от удаления. Этот вредоносный код разработан злоумышленниками для использования GPU- и CPU-мощностей для добывания биткоинов на зараженной системе без ведома пользователя.

Присутствие Trojan.BitcoinMiner может значительно замедлить работу компьютера и может создать лазейку в системе для загрузки других вредоносных программ на компьютер. Зараженный компьютер может дать сбой, если Trojan.BitcoinMiner не удалится полностью.

Trojan.BitcoinMiner состоит из множества компонентов вредоносных программ, которые интенсивно нападают на операционные системы (ОС) Windows. С технической точки зрения Trojan.BitcoinMiner – это программа-клиент-сервер, который разработан с помощью современных программ, способных проникнуть в целевую машину навязчиво. Пагубная полезная нагрузка доставляется на компьютеры с помощью печально известного BLACKHOLE, который эксплуатирует уязвимость на пораженной машине, тайно установив и запустив вредоносное программное обеспечение. В результате этот тип вредоносных программ обычно может проникнуть в компьютер жертвы, особенно когда пользователи загружают определенное приложение Bitcoin Miner из ненадежных интернет-ресурсов. Конечно Trojan.BitcoinMiner не имеет никакой связи с процессами майнинга биткоинов или стандартных приложений Bitcoin Miner. Тем не менее, некоторые фишинговые веб-сайты, обеспечивающие загрузку зараженных приложений могут непосредственно распространять вирус Trojan.BitcoinMiner на скомпрометированной машине.

При запуске зараженного флоппи-диска, подключенного к конкретной машине, она начнет заражать жесткий диск и ядро системы. После его установки, вирус

Trojan.BitcoinMiner будет умножать свои компоненты постоянно, а затем вставлять их на скомпрометированной машине, пытаясь изменить работу конфигурации системы по умолчанию. В основном этот тип вредоносных программ регулярно заражает сектор загрузки Windows, который несет ответственность за загрузчика ОС и таблицы разделов хранения данных устройства. В соответствии с существованием Trojan.BitcoinMiner, пользователи компьютеров могут также заметить снижение производительности системы. Trojan.BitcoinMiner может также использовать системные ошибки, чтобы удалить и установить дополнительные угрозы на компьютер, чтобы сделать еще больший вред, который может включать в себя вирус браузера, червей, клавиатурных шпионов, лжеантивирус или другие неясные предметы.

Методы хранения ключа биткоин. В биткоин кошельках не хранятся фактические биткоины, т.е. те, которые в основном хранятся на блокчейн. Вместо этого биткоин-бумажники держат закрытые ключи, которые дают пользователям право использовать эти монеты. В каждом биткоин-бумажнике хранятся, по крайней мере, два ключа – один публичный и один частный.

Открытый ключ позволяет любому пользователю биткоин отправлять сумму биткоин непосредственно к любому другому пользователю биткоин, без посредника. Секретный ключ должен храниться как можно в безопасной среде, так как любой, кто овладеет ею, будет иметь доступ ко всем биткоином в кошельке.

Есть несколько типов кошельков: холодные и горячие кошельки, толстые кошельки, мобильный кошелек, онлайн веб-кошельки, твердый кошелек, и т.д.

Все кошельки классифицируются как горячий или холодный. Тот, который подключен к интернету или расположен в интернете называется «горячий». С другой стороны, «холодный» означает, что кошелек в автономном режиме или отключен от интернета. «Холодный» считается наиболее безопасным, и таким образом рекомендуется для хранения больших объемов биткоинов. Горячий подходит для часто используемых средств. Таким образом, лучшая стратегия заключается в использовании холодного хранения для долгосрочных вложений и горячего бумажника для регулярного использования.

Desktop бумажники. Они предназначены для загрузки и использования на ноутбуках и на персональных компьютерах. К ним легко получить доступ и использовать, даже если компьютер не подключен к интернету. Они доступны для различных ОС – Windows, Mac OS и Ubuntu.

Мобильный кошелек адаптирован для смартфона, поэтому его очень удобно использовать. Майнинг и блокчейн – оба доступны на Android и IOS. Для Blackberry, биткоин-кошелек является одним из немногих доступных. Может быть, одна из самых удобных функций на мобильных кошельках, помимо улучшенных функций безопасности, является возможность сканирования QR-кода. Это позволяет совершать мгновенные платежи.

Для того чтобы генерировать бумажный кошелек, используются такие сайты как Bitaddress.org или Blockchain.info. После того как они генерируются, пользователь может распечатать их на листе бумаги.

Сравнивая недостатки существующих кошельков, сделан вывод о том, что хранить на сервисе ключи небезопасно, пользователей смущает цена комиссии за транзакции, по опросу пользователей, отсутствие русского интерфейса является недостатком, и т.д.

Следовательно, был сделан вывод о том, чтобы создать дополнительные меры защиты при работе с криптовалютами.

Исследуя существующие методы защиты, пришли к выводу, что методов недостаточно много, и не все являются эффективными.

Исходя из этого, разработан свой метод защиты: метод настройки специальных прав на кошелек и дополнительное шифрование файла с ключами. Целью является

недопущение попадания вредоносных программ туда, где хранится кошелек биткоин, ограничить доступ к кошельку и сделать невозможным использование холодного кошелька при утере.

Метод настройки специальных прав на кошелек и дополнительное шифрование файла с ключами. В данной работе была выбрана в качестве виртуальной машины Oracle VirtualBox, так как она является бесплатной и универсальной. Для гостевой ОС был установлен Windows Server 2008 R2. Для выбранной ОС есть длительный тестовый период, а в случае его окончания есть команда «slmgr-rearm», которая запускает тестовый период сначала. Шифрование кошелька будет осуществлено с помощью EFS, а для контроля доступа будут настроены права ACL на папку с кошельком. Далее проведена резервная копия кошелька. При хранении в безопасном месте резервная копия кошелька может защитить пользователя от компьютерных сбоев и многих человеческих ошибок. Он также может позволить восстановить кошелек после того, как мобильный телефон или компьютер был украден, если пользователь хранил кошелек в зашифрованном виде.

Некоторые бумажники используют множество скрытых закрытых ключей. Если есть только резервное копирование закрытых ключей для видимых биткоин-адресов, пользователь не мог бы быть в состоянии восстановить большую часть его средств с резервной копии.

Любая резервная копия, которая хранится в интернете, крайне уязвима для кражи. Даже компьютер, который подключен к интернету, уязвим для вредоносных программ. Таким образом, шифрование любой резервной копии, которая подвергается воздействию сети, является хорошей практикой безопасности.

Разработанный метод позволяет обеспечить максимальную безопасность по сравнению с другими методами, так как разработанный метод защищает данные на всех этапах хранения. Данные передаются по защищенному протоколу HTTPS. Из этого следует, что данные будут защищены от атак Man-in-the-Middle, XSS-уязвимостей. Шифрование кошелька на сервере и на локальном сервере делает почти невозможным расшифровать атакующему данные.

Заключение. Несмотря на современные способы защиты от несанкционированного доступа к биткоин-ключу, нельзя говорить о стопроцентной защищенности. На данном этапе развития криптовалют, метод настройки безопасности среды для защиты биткоин-ключа является самым надежным, а метод хранения биткоин-ключа в кошельках является дорогостоящим, контролируемым третьей стороной.

Литература

1. Кронберг Д.А., Ожигов Ю.И., Чернявский А.Ю. Квантовая криптография. Учебное пособие. – С. 25–30 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://qi.cmc.msu.ru/store/storage/ss8dw5n_quantum_cryptography.pdf, своб.
2. Молдовян Н.А. Практикум по криптосистемам с открытым ключом. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 304 с.
3. Дернова Е.С., Нгуен Ле Минь, Костина А.А., Щербаков В.А. Схемы цифровой подписи, взлом которых требует решения двух трудных задач в одной конечной группе // XI Санкт-Петербургская международная конф. «Региональная информатика-2008». – 2008. – С. 97–98.

УДК 539.534.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ-ФАРАДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУР Si/SiO₂ С ИМПЛАНТИРОВАННЫМ КРЕМНИЕМ В ОКИСЛЕ

Д.С. Жмудик¹, А.М. Тампер¹, Р.А. Халецкий¹¹Университет ИТМО

Проведено исследование нанокompозитных структур на основе кремния, сформированных методом ионной имплантации Si⁺ в слой SiO₂ толщиной 60 нм. Слой оксида был получен в результате сухого окисления пластин кремния КДБ-10. После ионной имплантации образцы подвергались отжигу при температуре 500°C в течение 15 и 45 мин. Исследования проводились методом высокочастотных вольт-фарадных характеристик.

Ключевые слова: ионная имплантация, нанокластеры кремния, вольт-фарадные характеристики, постимплантационный отжиг.

Нанокompозитные структуры на основе кремния и их свойства представляют значительный интерес для исследований [1, 2], есть основания полагать, что такие структуры позволят внести кремний в разряд оптоэлектронных материалов [3–5]. Практический интерес могут представлять структуры на основе кремния, получаемые стандартными методами изготовления полупроводниковых интегральных микросхем. Одним из методов получения таких структур является метод ионной имплантации, позволяющий вводить Si⁺ в слой SiO₂, получая различную концентрацию ионов. Важным этапом этого метода является постимплантационный отжиг, в результате которого в слое оксида формируются нанокластеры кремния.

Целью работы являлось изучение влияния различных режимов имплантации и постимплантационного отжига на электрофизические свойства полученных структур методом высокочастотных вольт-фарадных характеристик (ВФХ). Экспериментальные образцы формировались путем предварительного сухого термического окисления пластин кремния марки КДБ-10. Режим и условия термического окисления соответствовали режиму и условиям формирования стандартного подзатворного диэлектрика МОП- (металл–оксид–полупроводник) интегральных схем с толщиной оксида 60 нм. После окисления производилась ионная имплантация кремния в объем оксида. В эксперименте были получены структуры с различной дозой и глубиной залегания слоя внедренного кремния. В таблице приведены режимы имплантации.

Таблица. Режимы имплантации

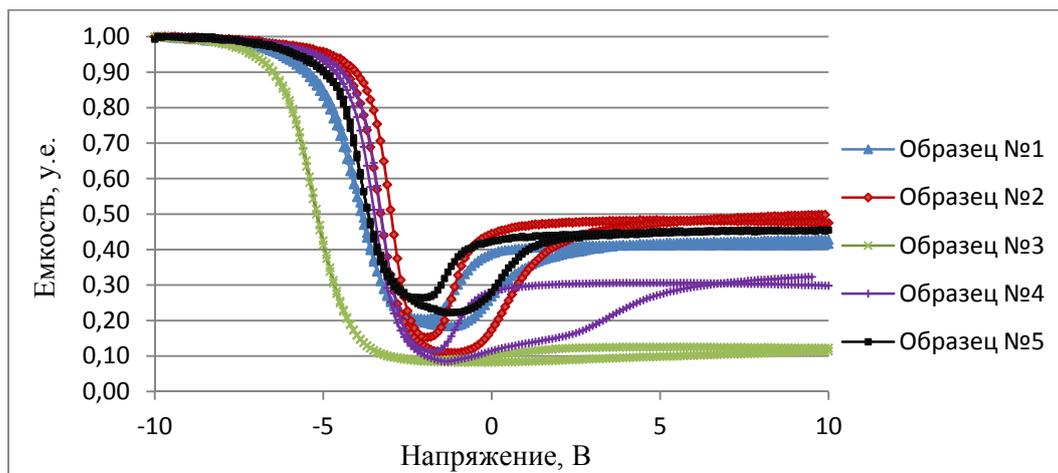
Номер образца	Доза, Si ⁺ /см ²	Расстояние от границы раздела Si/SiO ₂ до легированного слоя, нм	Энергия ускорения ионов, кэВ
1	5·10 ¹³	d=15±10	35
2	5·10 ¹³	d=30±10	25
3	10 ¹⁴	d=15±10	35
4	2·10 ¹⁴	d=30±10	25
5	легированию не подвергался		

После имплантации образцы подвергались отжигу при температуре 500°C разной длительности: 15 мин и 45 мин.

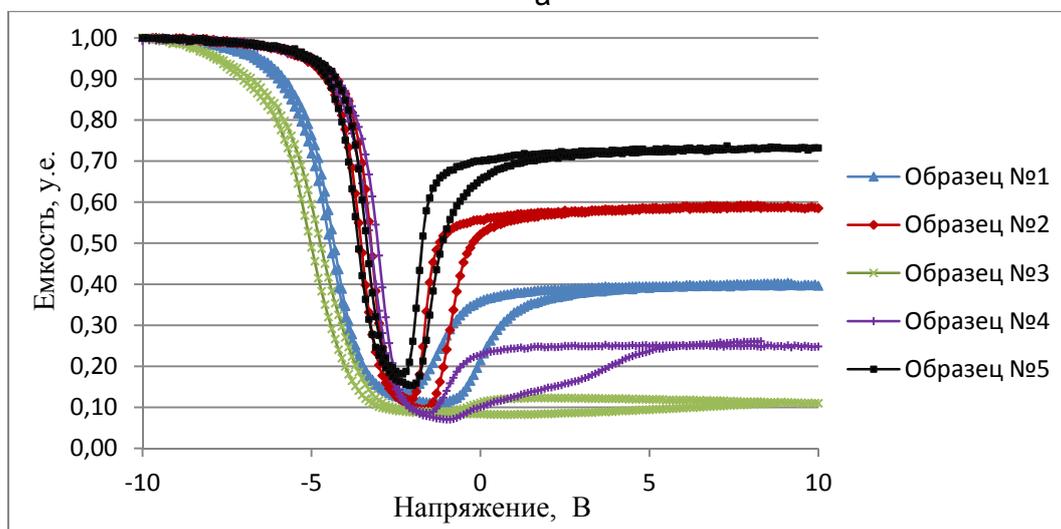
В результате эксперимента были получены ВФХ изучаемых образцов (рисунок).

Как можно заметить из графика на рисунке, а, все образцы имеют спад емкости при напряжении смещения от –5 В до 0 В, что объясняется обогащением основными носителями заряда, такая же картина наблюдается на рисунке, б. После –2,5 В на обоих графиках можно наблюдать рост емкости всех образцов, кроме № 3. С увеличением длительности отжига емкость также возрастает в этом диапазоне. Также во всех образцах, кроме № 3, наблюдается значительный гистерезис характеристик в диапазоне напряжения смещения от –2,5 В до +5 В. Возможно, это вызвано наличием заряженных

дефектных центров в окисле. Характерные особенности образца № 3 пока остаются не изученными, для более полного понимания обнаруженных эффектов будут проводиться дальнейшие исследования.



а



б

Рисунок. ВФХ образцов, подвергнутых постимплантационному отжигу в течение 15 мин (а) и 45 мин (б)

Литература

1. Демидов Е.С., Демидова Н.Е., Карзанов В.В., Шабанов В.Н. Избыточные шумы в структурах на основе пленок SiO_2 , облученных ионами кремния // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия Физика твердого тела. – 2003. – № 1. – С. 66–69.
2. Зацепин Д.А. и др. Формирование буферного слоя субоксидов кремния SiO_x в низкоразмерной гетеросистеме Si/SiO_2 после имплантации ионами Si^+ : рентгеновские $\text{SiL}_{2,3}$ -эмиссионные спектры // Физика твердого тела. – 2009. – Т. 51. – № 11. – С. 2113–2117.
3. Белов А.И. и др. Механизм фотолюминесценции пленок SiO_2 с ионно-синтезированными нанокристаллами Si // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2010. – № 5(2). – С. 260–263.
4. Качурин Г.А., Яновская С.Г., Журавлев К.С. Влияние внедренного азота на формирование центров фотолюминесценции при отжиге слоев SiO_2 , имплантированных ионами Si^+ // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия Физика твердого тела. – 2001. – № 2. – С. 12–17.

5. Трушин С.А., Горшков О.Н., Бурдов В.А., Михайлов А.Н., Тетельбаум Д.И., Ревин Д.Г., Гапонова Д.М. Влияние примесей на фотолюминесценцию системы SiO₂:Si // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия Физика твердого тела. – 2001. – № 2. – С. 18–28.

УДК 004.056

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ МЕР

Н.М. Зайцева¹, Р.А. Нурдинов¹

Научный руководитель – д.в.н., профессор Ю.Ф. Каторин¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрены основные подходы к оценке эффективности защитных мер, выявлены их преимущества и недостатки. Также были проанализированы наиболее часто встречаемые показатели эффективности, с помощью которых можно определить целесообразность внедрения тех или иных защитных мер.

Ключевые слова: эффективность СЗИ, показатели эффективности, оценка эффективности, критерии эффективности.

Для снижения возможных потерь от реализации угроз безопасности информационной системы требуется применение различных технических и организационных защитных мер. При формировании системы защиты информации (СЗИ) зачастую ставится вопрос оценки эффективности или рациональности выбора комплекса защитных мер. В связи с этим проблема оценки эффективности СЗИ на различных этапах ее жизненного цикла является актуальной [1].

Под эффективностью в общем смысле понимается отношение выгоды от полученного результата к затратам на достижение данного результата. В литературе выделяют три основных вида оценки эффективности защитных мер [2]:

1. вероятностный подход подразумевает использование показателей эффективности, значения которых вычисляются на основе характеристик системы или с помощью моделирования. Такой подход часто применяется при разработке и модернизации систем защиты;
2. оценочный подход основан на проверке соответствия требованиям защищенности, отраженным в нормативных актах по защите информации. Например, реализация перечня механизмов защиты информации для того, чтобы автоматизированная система соответствовала определенному классу защиты. Во многих странах разработаны свои стандарты защищенности;
3. экспертный (экспериментальный) подход заключается в имитации действий злоумышленника путем попыток преодоления защитных механизмов специалистами по защите.

В таблице представлены преимущества и недостатки каждого из подходов. На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что, несмотря на трудоемкость, использование вероятностного подхода (т.е. использование критериев эффективности) позволяет получить наиболее точный результат.

Таблица. Виды оценки эффективности защитных мер

Вероятностный	Оценочный	Экспертный
Достоинства		
Позволяет получить наиболее детализированные и интерпретируемые результаты	Простота использования	Подход позволяет получать объективные данные о возможностях существующих комплексных СЗИ

Вероятностный	Оценочный	Экспертный
Недостатки		
Высокая степень неопределенности исходных данных, сложность формализации процессов функционирования	Не определяется эффективность конкретного механизма защиты, а констатируется лишь факт его наличия или отсутствия	Для проведения экспериментов необходимо иметь самое современное оборудование (аппаратно-программные и испытательные комплексы)

Для анализа и оценки эффективности СЗИ на практике применяются различные показатели [3], среди которых можно выделить следующие:

1. коэффициент компенсации риска, определяемый отношением разности между величинами полного и остаточного риска к величине полного риска. Он определяет долю компенсированного риска при использовании данных мер и средств защиты от величины полного риска:

$$k_{\text{кр}} = \frac{R_{\text{полн}} - R_{\text{ост}}}{R_{\text{полн}}}, \quad (1)$$

где $k_{\text{кр}}$ – коэффициент компенсации риска; $R_{\text{полн}}$ – полный риск; $R_{\text{ост}}$ – остаточный риск.

Чем выше значение коэффициента компенсации риска, тем больше полезность применения защитных мер. Данный показатель характеризует относительный эффект от реализации защитных мер. Основной недостаток заключается в том, что при оценке не учитываются затраты на защитные меры;

2. затраты на защитные меры учитывает коэффициент экономической эффективности. Эти затраты складываются из стоимости приобретения либо разработки средств защиты, стоимости внедрения, технического обслуживания, обучения и оплаты персонала.

Коэффициент экономической эффективности (E_e) определяется отношением разности между величинами полного ($R_{\text{полн}}$) и остаточного ($R_{\text{ост}}$) риска к суммарным затратам на реализацию защитных мер (S_3) и вычисляется по формуле:

$$E_e = \frac{R_{\text{полн}} - R_{\text{ост}}}{S_3}. \quad (2)$$

Если данный коэффициент принимает значения, превышающие 1, то защитные меры целесообразно использовать, и напротив, если меньше – то нецелесообразно. На основании сравнения значений коэффициента экономической эффективности нельзя однозначно определить наиболее подходящий комплекс защитных мер в составе СЗИ;

3. показатель возврата инвестиций (Return on Investment, ROI) характеризует отдачу от сделанных инвестиций за определенный период времени и рассчитывается по формуле:

$$ROI = \sum_i NPV(Benefits_i) - \sum_j NPV(Costs_j), \quad (3)$$

где $Costs_j$ – затраты на внедрение и поддержание j -ой защитной меры; $Benefits_i$ – оценка той пользы (ожидаемого снижения потерь), которую приносит внедрение данной меры или средства защиты.

При расчете используется понятие чистой текущей стоимости (NVP), определяемое по формуле:

$$NPV = \sum_t \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (4)$$

где CF – денежный поток (расходы на защитные меры); r – ставка дисконтирования; t – время.

Недостатком расчета возврата инвестиций является сложность оценки, обусловленная необходимостью прогнозирования не только величины риска, но и времени наступления рискового события;

4. показатель затратоемкости активов определяется отношением суммарных затрат, включающих в себя реальные затраты на СЗИ и ожидаемые затраты от реализации угроз, выраженные в виде величины остаточного риска, к стоимости информационных активов.

Под стоимостью активов предприятия можно понимать величину всех потерь, которые могут наступить при возникновении рискового события, а под затратами – сумму затрат на защитные меры и величину остаточного риска. Показатель затратноёмкости активов вычисляется по формуле [4]:

$$\omega = \frac{\sum_{g=1}^G S_{3g} + R_{\text{ост}}}{\sum_{k=1}^K Q_k}, \quad (5)$$

где ω – показатель затратноёмкости; S_{3g} – затраты на СЗИ; $R_{\text{ост}}$ – остаточный риск; Q_k – величина потерь, которые могут наступить при возникновении k -го рискового события.

Наилучшим вариантом выбора защитных мер в составе СЗИ считается тот, при котором значение показателя затратноёмкости минимально. Для проведения расчетов требуется точная количественная оценка рисков;

5. время безопасного функционирования системы (T_0). Этот показатель отражает время, в течение которого система способна функционировать без нарушений и вмешательства специалистов по безопасности с вероятностью исключения несанкционированного доступа не ниже $p_{\text{нсд}}$

$$T_0 = \frac{t(1-p_{\text{нсд}})}{p_{\text{нсд}}}. \quad (6)$$

Из нескольких решений по безопасности наиболее эффективным будет решение с максимальным T_0 . По истечении времени безопасного функционирования для поддержания доверия к СЗИ необходимо проведение проверочных мероприятий. Недостаток использования данного показателя – отсутствие рассмотрения системы в разных условиях.

Для оценки эффективности можно также использовать метод Парето. Он заключается в определении некоторой точки в n -мерном пространстве, смещение которой приводит к улучшению одного из n выбранных показателей эффективности и ухудшению остальных.

Проведенный анализ показал, что в настоящее время существует целый ряд показателей, позволяющих определить эффективность отдельных защитных мер и их комплекса. Стоит отметить, что для количественной оценки эффективности СЗИ требуется сравнительно больше исходных данных и времени, чем для качественной, но при этом она дает гораздо более детализированные и интерпретируемые результаты [2].

Выбор наилучшего решения может осуществляться по различным правилам [5]. Рассмотренные показатели могут использоваться по отдельности или в комплексе в качестве критериев оптимизации выбора защитных мер.

Литература

1. Попова Е.В. Эффективность системы защиты информации с учетом критерия обеспечения конкурентоспособности предприятия // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 9. – С. 19–22.
2. Завгородний В.И. Комплексная защита информации в компьютерных системах: учебное пособие. – М.: Логос; ПБОЮЛ Н.А. Егоров, 2001. – 264 с.
3. Леонтьева Е.М. Методы оценки эффективности систем защиты информации // Материалы 43-й студенческой научно-практической конференции Вологодского государственного университета. – 2014.
4. Нурдинов Р.А., Батова Т.Н. Подходы и методы обоснования целесообразности выбора средств защиты информации // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9131>, своб.
5. Щуровская А.Ю., Унтилов А.М. Критерии и показатели эффективности защиты информации // Тезисы доклада VI международной научно-практической конференции «Научное пространство Европы – 2010». – 2010. – С. 72–76.

УДК 004.056

**РАССМОТРЕНИЕ ТИПОВ УЯЗВИМОСТЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМА
ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОНИКНОВЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ**А.А. Зиро¹Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.А. Маркина¹¹Университет ИТМО

Работа посвящена исследованию различных типов уязвимостей. Исследованы наиболее актуальные угрозы в информационной системе, произведен анализ уязвимостей. Изучен суммарный ущерб компаний, связанных с утечками конфиденциальных данных. Рассмотрены существующие классификации уязвимостей.

Ключевые слова: уязвимость, безопасность информационной системы, алгоритм обнаружения проникновения, утечка информации, угроза.

Современный мир становится сложнее представить без информационных технологий. Они являются частью наших повседневных реалий, окружая нас во всех сферах жизнедеятельности человека. Круговорот обмена информацией становится масштабнее и выходит на глобальный уровень. Однако в этом-то и таит опасность. Владеющий информацией становится центральной мишенью многих заинтересованных в ней лиц.

В настоящий момент получение несанкционированного доступа к информации является одной из опаснейших угроз современного предприятия. По исследованию компании Zecurion Analytics суммарный ущерб компаний от утечек конфиденциальных данных в 2015 году равен \$29,345 млрд. По России ущерб составляет \$820 млн, где самая максимальная потеря от одного инцидента стоила компании \$30 млн [1]. В связи со значительными потерями из-за хищения информации и постоянным обновлением методов и средств ее несанкционированного получения, обеспечение защиты от несанкционированного доступа до сих пор является актуальным.

На рисунке представлен суммарный ущерб компаний за 2015 год.

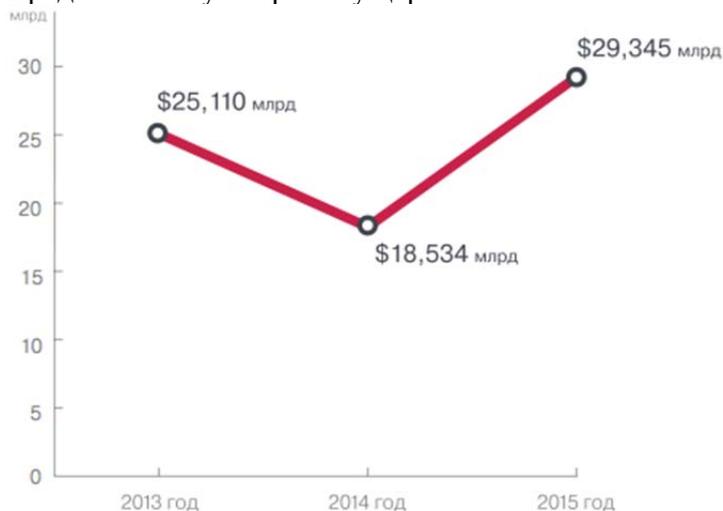


Рисунок. Суммарный ущерб компаний за 2015

Согласно данным Computer Security Institute [2], убытки от вирусов стоят на третьем месте с долей 13% после кражи информации и атак, вызывающих отказ в обслуживании (DoS). Однако дать точную оценку убыткам в сфере компьютерной безопасности невозможно, поскольку многие потери никогда не будут обнаружены, а данные о других просто прячутся в дальний ящик стола и забываются или скрываются от руководства во избежание неприятностей.

Целью работы являлось исследование различных типов уязвимостей для построения алгоритма обнаружения проникновения в информационную систему (ИС).

В данной работе исследованы наиболее актуальные уязвимости и их классификации.

В таблице представлены существующие классификации уязвимостей программных систем.

Таблица. Существующие классификации уязвимостей

Названия классификаций	Описание
MITRE CVE (Common Vulnerabilities and Exposures)	«Незащищенности» и общие уязвимости
NVD (National Vulnerability Database)	Национальная база уязвимостей США, использующая идентификаторы CVE
OSVDB (Open Security Vulnerability Database)	Открытая база данных известных уязвимостей
US-CERT Vulnerability Notes Database	База уязвимостей, где описаны найденные уязвимости и способы их обнаружения
Microsoft Bulletin ID	Сводки найденных уязвимостей от компании Microsoft

Из таблицы видно, что в настоящее время известно достаточно большое количество классификаций в сфере информационной безопасности, но в основном они направлены на конкретные задачи, будь то сетевые атаки, некорректности программирования или уязвимости операционных систем.

Для управления рисками, присущими информационным системам, руководители и пользователи должны быть вооружены информацией об уязвимостях и угрозах, с ними связанных. Анализ рисков и существующих угроз позволяют ИТ-менеджеру выбрать наиболее эффективные меры защиты. В некоторых случаях дешевле смириться с ожидаемыми потерями. Например, когда уязвимость существует, но вероятность, что ею могут воспользоваться, отсутствует, то вы немногого достигнете, если будете защищаться от этой уязвимости [3].

Прежде всего, определимся с некоторыми основными понятиями. Понятие уязвимости нельзя рассматривать в отдельности от таких терминов, как угроза и атака. Угроза – это потенциально возможное событие, явление или процесс, которое посредством воздействия на компоненты ИС может привести к нанесению ущерба. Уязвимость – это свойство ИС, которая может быть использована нарушителем при проведении атаки и может привести к реализации угрозы. Атакой в данном контексте является любое действие нарушителя, которое приводит к реализации угрозы путем использования уязвимостей ИС.

По мере накопления информации об уязвимостях возникали и различные варианты их классификации. В настоящее время информация об обнаруженных уязвимостях достаточно систематизирована, существует несколько общеизвестных источников, где эта информация представлена. Наиболее удачным вариантом классификации является классификация по источнику возникновения. Данный вариант классификации связан с этапами жизненного цикла системы и часто указывает на причину возникновения той или иной уязвимости.

Часть уязвимостей возникает на этапе проектирования. Например, значительная часть сервисов прикладного уровня не предусматривает шифрования данных при передаче по сети. Примерами таких сервисов являются Telnet, FTP, HTTP и др. В результате критичная информация, такая как учетные данные пользователя, может передаваться в открытом виде.

Как правило, уязвимости, возникшие на этапе проектирования, с трудом поддаются устранению. Например, в случае с сервисами прикладного уровня можно либо отказаться от использования соответствующего протокола, либо использовать криптографические защитные механизмы.

Значительная часть уязвимостей появляется на этапе разработки ИС. Например, многие уязвимости возникают из-за ошибок разработчиков, таких как переполнение буфера. Так, уязвимость, которая когда-то привела к распространению червя SQL Slammer, была следствием переполнения буфера в реализации службы разрешения имен в системе управления базами данных SQL Server 2000. Она, в свою очередь, приводила к отказу в обслуживании или выполнению произвольного кода путем отправки специально составленных UDP-пакетов на порт 1434. Эти уязвимости устраняются довольно просто, посредством установки соответствующих обновлений.

Третьим видом уязвимостей являются ошибки, допущенные в процессе эксплуатации ИС. Примерами таких уязвимостей являются:

- использование конфигураций по умолчанию;
- некорректно заданные параметры защитных механизмов;
- неиспользуемые сетевые сервисы, доступные удаленно.

Конфигурации по умолчанию могут содержать в себе простые, а главное – широко известные пароли к административным учетным записям. Эти пароли представлены в документации к ИС, однако в данных документах категорически рекомендуют сменить подобные пароли при первом же подключении. Но многие администраторы игнорируют данное требование, продолжая эксплуатацию систем с паролем по умолчанию.

Аналогично это касается некорректно заданных параметров защитных механизмов. Здесь примерами могут служить сертификаты, используемые в инфраструктуре открытого ключа (PKI). Многие приложения используют при установке соединения сертификаты, которые поставляются вместе с приложением и не являются доверенными. Использование таких сертификатов может привести к компрометации всей системы. Необходимо заменить их на сертификаты доверенного удостоверяющего центра.

Доступные удаленно не используемые сетевые сервисы – это Telnet, SNMP и др. Наилучшее средство борьбы с ними – это их отключение.

Для того чтобы разработать алгоритм обнаружения проникновения в ИС, сперва разберемся что такое системы обнаружения проникновения (СОП). СОП – это системы, собирающие информацию из различных точек защищаемой компьютерной системы (вычислительной сети) и анализирующие эту информацию для выявления, как попыток нарушения, так и реальных нарушений защиты (проникновений) [4].

Алгоритм обнаружения проникновения включает в себя следующие действия. Во-первых, идет последовательный сбор информации с журналов и его сканирование. Во-вторых, как только все журналы просканируются, СОП определяет, было ли подозрение на проникновение или нет, если нет, то СОП прекращает свою работу, если да, то идет обработка всей информации. В-третьих, после всей обработки информации идет оповещение администратора безопасности о наличии или отсутствии проникновения в ИС, после чего прекращает свою работу.

Заключение. В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что для разработки алгоритма обнаружения проникновения в ИС нужно учитывать все этапы уязвимостей, которые непосредственно связаны с информационной системой, где администратор безопасности может создать «образ». Под «образом» подразумевается модель нормального поведения системы в обнаружении злоупотребления несанкционированных действий нарушителя. Такой «образ» применительно к обнаружению злоупотреблений называется сигнатурой проникновения. При обнаружении злоупотреблений формируется сигнатура на основе тех же входных данных, что и при использовании обнаружений аномалий, а именно значения параметров оценки. Сигнатуры проникновений определяют окружение, условия и родство между событиями, которые приводят к проникновению или любым другим злоупотреблениям в ИС. Они нужны не только при обнаружении проникновений в ИС, но и при обнаружении попыток совершения неправомерных действий. Частичное

совпадение сигнатур может означать, что в защищаемой системе имеет место попытка проникновения. Знание данных уязвимостей поможет обезопасить нашу информационную систему.

Литература

1. Компании победили киберпреступность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anti-malware.ru/news/2015-04-10/15955>, своб.
2. Поиск уязвимостей ИС: некоторые методы и продукты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://itc.ua/articles/poisk_uyazvimostej_is_nekotorye_metody_i_produkty_18280/, своб.
3. Опрос «Кода Безопасности» выявил наиболее актуальные ИБ угрозы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.securitycode.ru/company/news/SC-analytic-2011>, своб.
4. Городецкий В.И., Котенко И.В., Карсаев О.В., Хабаров А.В. Многоагентные технологии комплексной защиты информации в телекоммуникационных системах // ISINAS 2000. Труды. – 2000.

УДК 338.984

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КАНАЛОВ СБЫТА

Д.С. Злобина¹

Научный руководитель – к.э.н., доцент В.В. Негреева¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрены тенденции развития каналов сбыта в распределении продукции, определены виды сбытовой политики и рассмотрены современные методы управления каналами продаж, а также представлены примеры повышения сбытовой деятельности, связанных с распределением продукции.

Ключевые слова: сбытовая политика, каналы продаж, распределение продукции.

Сбыт является организационно-правовым процессом купли-продажи и передачи товара конечному покупателю по прямым связям или через посредников. Главная цель производителя – как можно быстрее сбыть свой товар. Какими путями продукция попадет в руки потребителя, по сути, неважно, однако желательно, чтобы каналы сбыта товаров были стабильными и не заставляли фирму каждый раз искать новый подход к клиенту [1].

Современный рынок состоит из нескольких целевых сегментов и множества каналов распределения. До недавнего времени компания использовала один канал распределения, работая на единственном рынке. Как правило, он состоял из независимого производителя и одного или нескольких оптовых и розничных торговцев. Количество посредников, которые стоят на пути от производителя к покупателю, может быть различным. Прямые каналы продаж предполагают доставку продукта клиенту непосредственно производителем. Такой короткий путь наладить довольно сложно, если только компания не производит, к примеру, авиамоторы, которые на свободный рынок не идут и поставляются под конкретный заказ. Большинству фирм приходится иметь дело с длинными каналами продаж, правда, тут возможны различные варианты взаимодействия с посредниками:

1. интенсивный путь сбыта товаров. Если фирма избрала интенсивный путь, то она старается задействовать максимальное количество точек сбыта товара. Например, можно продавать колбасу в продуктовых магазинах, в онлайн-супермаркетах, можно

поставлять ее в различные госучреждения и кормить ею чиновников, если удастся выиграть тендер на госзакупках. Также можно заключить партнерский договор и поставлять эту же колбасу в кафе, где одной из позиций меню значатся сэндвичи, или опять же, договорившись с какой-нибудь фирмой, организовать поставки продукции в местную столовую для сотрудников. Существует много способов сбыта товара, и, чтобы добиться успеха, нужно только выбрать правильные методы продвижения;

2. селективная политика сбыта. Селективная политика предполагает, что производитель работает только с определенными партнерами, и их представители предлагают товар по заранее оговоренной определенной схеме. Компания может быть практически уверена в том, что ее товар будет правильно презентован потребителю. Кроме того, в отличие от интенсивного пути, где сбыт зависит от сиюминутных обстоятельств (например, компания может проиграть какой-то тендер и запланированные поставки не состоятся), селективная политика дает возможность более точного планирования. Однако есть и минус: если сеть посредников еще не слишком развита, то компания волей-неволей будет подстраиваться только под них, что грозит застоем. Развитие возможно только при расширении масштабов сбытовой сети или диверсификации каналов поставок. Таким образом, продаются многие спортивные товары и одежда. Производитель сигарет British American Tobacco (BAT) в 1997 г. имел пять основных дистрибьюторов, в 2001 г. этот список сократился до трех оптовиков, а в 2002 г. – до двух. Уменьшение числа посредников позволяет BAT управлять каналом сбыта и добиваться высоких показателей продаж;
3. эксклюзивные каналы продаж. Эксклюзивные каналы продаж используют компании, которые работают только с собственными дилерами. Этот метод подходит для тех, кто уже имеет постоянных клиентов или рассчитывает только на определенную целевую аудиторию. При использовании этого способа организации продаж фирма очень сильно завязана на сервис. Ограниченное количество точек продаж сказывается на том, что компания будет ощущать любое минимальное снижение спроса. Если же по какой-то причине репутация компании пострадает, то вернуть клиентов будет практически невозможно. Но в этом случае можно изменить сбытовую политику, к примеру, на интенсивную.

Зачастую автомобильные дилеры пользуются эксклюзивным правом продаж в своих регионах. Крупные холдинги, например, ОАО «НТМК», поставляют продукцию эксклюзивно через торговый дом. Это дает возможность основным производителям холдинга сосредоточить свои усилия на производстве, а торговому оператору – на сбыте продукции.

Существуют и другие тенденции развития каналов сбыта. В настоящее время как на одном конце цепочки распределения (производители), так и на другом (розничные продажи) наблюдается стремление к сокращению числа посредников. Крупнейшие розничные операторы, такие как «Пятерочка» вкладывают значительные средства в строительство своих собственных распределительных центров. У «Пятерочки» свыше 80% всего ассортимента идет через собственные распределительные центры. Это означает, что сеть очень мало зависит от оптового звена: производители имеют возможность напрямую делать поставки в сеть. Еще несколько лет тому назад «Пятерочка» построила распределительный центр площадью 30 тыс. м², оснащенный самыми современными технологиями. При этом производители, используя возможности сокращения торговых наценок в канале и большего контроля цен, организуют прямые поставки в розницу – как сетевую, так и одиночные магазины. Так, например, действуют «Ладога», «Черкизовский» и другие производители.

Другой тенденцией в каналах распределения становится совершенствование транспортной составляющей каналов для уменьшения сроков хранения и реализации

товаров, сокращение численности персонала, повышение прибыли производителя и качества информации о движении товара. Поставки день-в-день или на утро следующего дня становятся нормой для поставщиков.

Владельцы торговой марки в последнее время усиливают контроль за ценовой политикой. Задача единого ценообразования была поставлена во главу угла, когда «Ледово» приняло решение об открытии пяти логистических центров: в Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Новосибирске, Краснодаре и Киеве. Крупные компании-владельцы торговых марок продвигаются по пути создания собственных систем распределения [2].

Новой тенденцией стали изменения в количестве и качестве свободного времени потребителей. Экономия времени становится не менее важной, чем экономия денег. Результаты последних исследований показывают, что хотя решение о месте расположения торговой точки остается жизненно важным, основным фактором, влияющим на выбор потребителя, является удобство, определяемое легкостью и быстротой доступа к товарам. Существенным фактором становится наращивание присутствия и ассортимента интернет-магазинов, благодаря которым можно делать покупки в любое время, не выходя из дома. Все эти факты свидетельствуют о том, что значение каналов распределения изменяется в зависимости от способов проведения потребителями свободного времени.

Очень важной тенденцией является увеличение ширины каналов, используемых производителями, при уменьшении глубины. Уменьшение глубины происходит за счет сокращения промежуточных звеньев, а расширение каналов дает возможность увеличения сбыта от использования новых каналов [3]. Когда несколько лет назад производитель конфет «Коркунов» принял решение об использовании широкой сети каналов, это решение многие эксперты оценивали негативно: продажа конфет ценовой категории выше среднего в палатках и ларьках могла повредить позиционированию этой марки. Результаты работы с «нетипичными» каналами полностью оправдали ожидания.

Сегодня увеличивающиеся объемы продаж в розничных сетях дают им возможность оказывать давление на поставщиков для снижения отпускных цен. Каждая продовольственная сеть имеет жесткую систему отбора поставщиков, что хорошо иллюстрирует система требований «Перекрестка», которая регулярно проводит программы, направленные на снижение отпускных цен поставщиков за счет определенных объемов продаж в сети.

Стратегия сбыта товара – одно из важнейших направлений, определяющих работу всей компании. Столь важный аспект нельзя пускать на самотек. Грамотный подбор путей распространения дает возможность фирме улучшить финансовые показатели и занять прочное место в своей нише.

Литература

1. Набоков В.И., Некрасов К.В., Чашин В.К. Экономика и экономические науки // Научная библиотека КиберЛенинка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-raspredelitelno-sbytovoy-deyatelnosti-organizatsiy-apk#ixzz40BNrkRw2>, своб.
2. Приходько В., Борщ В., Деним В. Развитие логистики в России: современная ситуация, прогнозы, ключевые задачи и приоритеты компаний // Логистика. – 2015. – № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.logistika-prim.ru>, своб.
3. Айрапетов О.Р. Тенденции развития сбыта // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9483>, своб.

УДК 004.4

**ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ**Д.Н. Зырянов¹Научный руководитель – Н.Ф. Денисова¹¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет
им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

В работе рассмотрена модель информационной инфраструктуры киберфизических систем на основе физической архитектуры. Приведены отличительные особенности функционирования киберфизических систем по сравнению с системами обработки информации. На основе анализа отличительных особенностей представлена часть компонентов ядра киберфизических систем, отвечающих за контроль и функционирование всей системы в целом.

Ключевые слова: киберфизические системы, информационная инфраструктура, сенсоры, манипуляторы.

Контроль за функционированием любой киберфизической системы (КФС) человеком осуществляется на самом верхнем, стратегическом уровне логической архитектуры системы. Основной задачей данного уровня является настройка первичной фазы управления всей системы – целеполагание, т.е. определение основных целей функционирования с установлением первоначальных значений необходимых параметров и допустимых диапазонов отклонений в процессе эксплуатации системы. Следовательно, для реализации данного уровня необходима разработка информационной системы, обладающей возможностями накопления и отображения накопленной информации, определения параметров функционирования компонентов системы и формирования ответных действий на события внешнего мира.

Для определения состава информационной инфраструктуры таких систем необходимо рассмотреть их физическую архитектуру. В основе КФС лежат технологии межмашинного взаимодействия, наделенные возможностями автономного контроля и самостоятельного принятия решений [1]. Соответственно, физическая архитектура КФС в значительной степени схожа с системами межмашинного взаимодействия. Однако отличительной особенностью является наличие обратной связи, выраженной в управлении электронными устройствами для взаимодействия с окружающей средой, и интеллектуального программного обеспечения, формирующего соответствующие команды на основе анализа информации от сенсоров и прочих устройств.

В физической архитектуре можно выделить три уровня: физический уровень, непосредственно взаимодействующий с реальным миром; сетевой уровень, в котором регистрируются и передаются события окружающего пространства между устройствами и системами; и программный уровень, отвечающий за принятие решений и реализацию логики работы всей системы [2]. В общем виде физическая архитектура представлена на рис. 1.

Следовательно, неотъемлемой частью информационной инфраструктуры КФС являются электронные сенсоры и манипуляторы, фиксирующие события и взаимодействующие с реальным миром. Кроме того, инфраструктура также включает в себя средства передачи данных между этими устройствами: проводные и беспроводные маршрутизаторы и точки доступа. Для работы систем поддержки принятия решений и интеллектуального анализа данных необходимо всю информацию, получаемую с электронных устройств сохранять в хранилище данных, которое является составляющим информационной инфраструктуры КФС, как и все программное обеспечение, взаимодействующее с ним.

Предполагается, что человек, контролирующий работу и действия данной системы, управляет ей на логическом уровне. В свою очередь, логический уровень

можно декомпозировать на: аппаратный уровень, отвечающий за управление определенной характеристикой конкретного электронного устройства (или набора устройств определенного типа); уровень планирования, отвечающий за совместное согласованное взаимодействие всех устройств; стратегический уровень, в котором заложены цель функционирования и сценарии поведения системы, а также правила обмена информацией с другими КФС и с внешним миром [3].

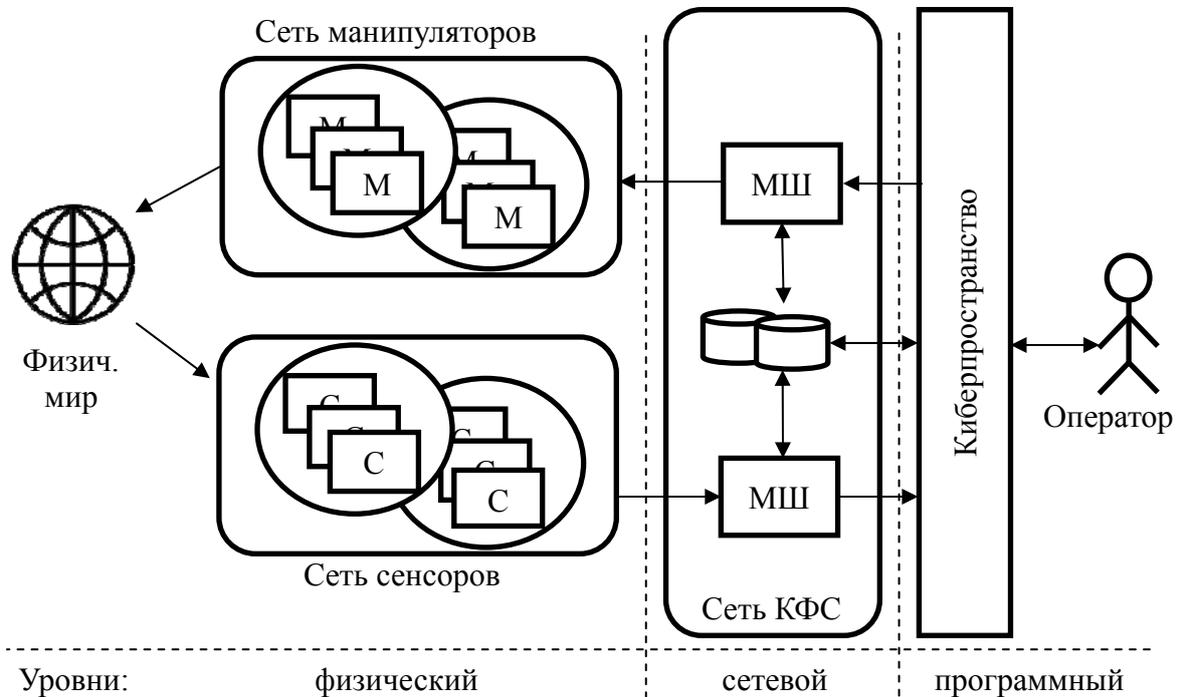


Рис. 1. Физическая архитектура киберфизической системы: М – манипулятор; С – сенсор; МШ – маршрутизатор; КФС – киберфизическая система

Для контроля и управления функционированием КФС модель интеллектуальной системы должна обладать особыми характеристиками, отличающими ее от типовых информационных систем.

Одной из основных и наиболее исследуемых характеристик является высокий уровень безопасности и отказоустойчивости системы. Поскольку КФС взаимодействует с окружающим пространством посредством электронных устройств и манипуляторов, неверная или ошибочная работа такой системы может привести к возникновению ситуации, опасной для жизни и здоровья человека.

Поведение системы должно быть определено таким образом, чтобы при неверной работе и (или) отказе любого компонента она продолжала функционировать в заданном режиме с использованием других ресурсов или прекращала свою деятельность в целях безопасности. В связи с этим необходима классификация процессов, выполняющихся системой, в зависимости от уровня угрозы для жизни и здоровья людей, а также для сохранения целостности других физических объектов.

К КФС также предъявляются самые высокие требования контроля доступа к управлению системой, поскольку любое изменение допустимых значений параметров злоумышленником может привести к серьезным последствиям для окружающего пространства. Весь данный функционал инкапсулируется в модуле безопасности интеллектуального ядра КФС.

Не менее важной отличительной чертой рассматриваемой системы является гетерогенность ее компонентов. Различные электронные устройства проектируются и производятся большим количеством производителей, между которыми нет определенной согласованности в их архитектуре при разработке.

Следовательно, программное обеспечение, осуществляющее контроль за функционированием таких систем должно быть кроссплатформенным для возможности обработки и передачи информации всем электронным устройствам, являющимся ее компонентами.

Основным преимуществом КФС является возможность их самонастройки и самоорганизации компонентов системы при изменении основных целей функционирования или при выходе из строя различных электронных компонентов. Для реализации такой возможности необходимо сохранять и обрабатывать всю информацию о компонентах данной системы и их взаимозаменяемости.

Кроме того, при добавлении нового электронного устройства КФС должна самостоятельно определить его место в архитектуре и процессе функционирования. Данные свойства системы можно реализовать с помощью онтологии электронных устройств и их функциональных возможностей. Анализ поступающей информации от компонентов системы и ее сопоставление с онтологией позволит своевременно определить отказы в работе отдельных составляющих КФС.

Не менее сложной задачей при разработке рассматриваемых систем является корректная интерпретация событий, происходящих в окружающем пространстве, с помощью информации, поступающей от различных электронных устройств. Можно рассмотреть довольно простой пример. Предположим, что датчик освещенности помещения фиксирует увеличение количества света, поступающего на его поверхность. Такое изменение может быть вызвано наступлением светлого времени суток, возникновением пожара в помещении, включением электрических осветительных приборов и пр.

Без анализа информации, поступающей от других датчиков, определить, какое событие произошло, не представляется возможным. Однако хранение информации о самом помещении сможет сократить количество возможных вариантов. Допустим, если известно, что помещение не содержит никаких окон и витрин (помещение серверной), то событие «наступление светлого времени суток» можно отбросить как невозможное.

В отличие от стандартных информационных систем, в КФС время обработки данных является одним из ключевых показателей, оценивающих корректность выполнения задач. При определении корректности работы информационной системы в стандартных задачах обработки информации фактор времени практически отсутствует. Процесс обработки информации занял 3 с или 33 с – в киберпространстве это не имеет особого значения, если в итоге были получены одинаковые результаты. Более того, ввиду реализации многозадачности в архитектурах современных процессоров разработчик системы практически не имеет никаких инструментальных средств, чтобы каким-либо образом отслеживать и (или) регулировать время выполнения алгоритма, так как оно напрямую зависит от загрузки вычислительных ресурсов на конкретной машине (сервере).

В реальном мире, напротив, затрачиваемое время выполнения какого-либо процесса в большинстве случаев является ключевым фактором для определения корректности работы всей системы. Автомобиль, управляемый искусственным интеллектом, поворачивая руль для съезда на примыкающую дорогу с запозданием в 20 с, вполне может привести к дорожно-транспортному происшествию и повреждению чужого имущества. При взаимодействии кибер-уровня с реальным миром одним из ключевых критериев взаимодействия является время выполнения задач.

Состав интеллектуальной системы контроля и управления функционирования КФС (ядра КФС), включает, но не ограничивается, модули, представленные на рис. 2.

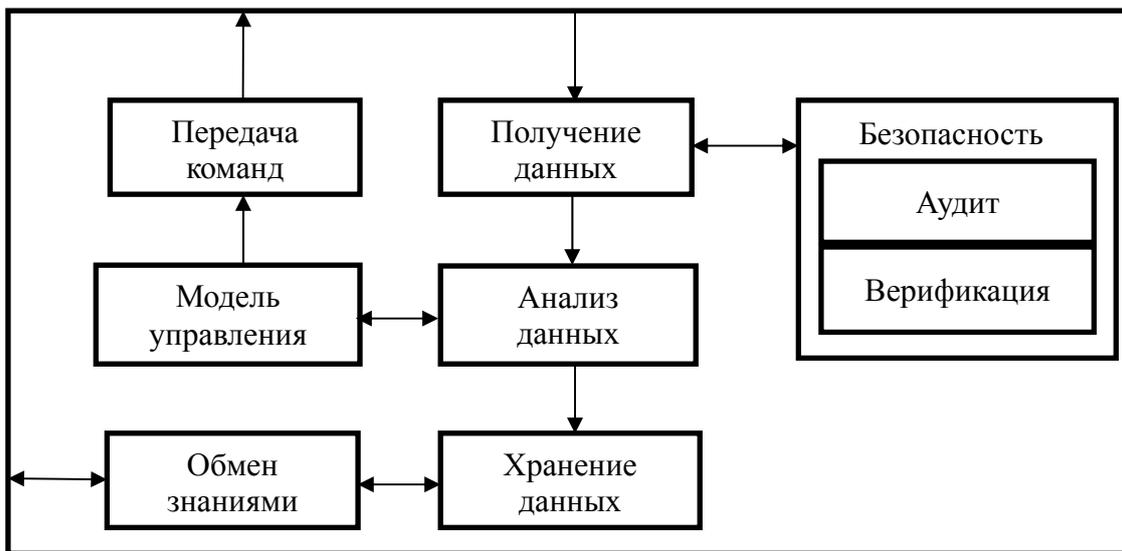


Рис. 2. Компоненты ядра киберфизической системы

На данном этапе работы выполнен аналитический обзор публикаций и исследований в области КФС. Выявлено место данных систем в развивающихся технологиях концепции интернета вещей. Проанализирована физическая и логическая архитектуры системы; основные модели функционирования и взаимодействия физических устройств, составляющих данную систему. Рассмотрены варианты практической реализации концепции для решения повседневных задач, решаемых человеком. Представлена обобщенная модель информационной инфраструктуры КФС. Дальнейший процесс исследования направлен на моделирование и разработку прототипа информационной системы контроля функционирования КФС, учитывающего вышеприведенные особенности.

Литература

1. Wan J., Chen M., Xia F., Li D., Zhou K. From Machine-to-Machine Communications towards Cyber-Physical Systems // Computer Science and Information Systems. – 2013. – V. 10(3). – P. 1105–1128.
2. Tan Ying, Vuran M.C., Goddard S. Spatio-Temporal Event Model for Cyber-Physical Systems // Distributed Computing Systems Workshops. – 2009. – P. 44–50.
3. Smirnov A., Kashevnik A., Ponomarev A. Multi-level self-organization in cyber-physical-social systems: smart home cleaning scenario // Procedia CIRP. 7th Industrial Product-Service Systems Conference. – 2015. – V. 30. – P. 329–334.

УДК 681.518

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ АБОНЕНТОВ СОТОВОЙ СВЯЗИ НА ЗАГОРОДНЫХ УЧАСТКАХ МЕСТНОСТИ

И.И. Иванинская¹

Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Зикратов¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрена проблема доступности информации в сетях сотовой связи. Данная проблема нарушает одно из основных свойств информационной безопасности – доступность. Сотовая связь четвертого поколения в настоящее время доступна только в больших городах. Количество абонентов сотовой связи зависит от месторасположения абонента. В работе рассмотрена разработанная методика, способная обеспечить доступность информации на загородных участках местности.

Ключевые слова: информационная безопасность, доступность, сотовая связь, стандарт сотовой связи, базовая станция.

Развитие современных сотовых стандартов связи и усовершенствованные технологии (современные базовые станции) достигли высокого уровня развития для создания качественной зоны покрытия и конкурентно-способной сети связи в обществе. Однако несмотря на техническую подготовленность многих сотовых компаний, в России остро стоит проблема доступности связи четвертого поколения, в частности в регионах.

В настоящее время не существует единой, универсальной методики для расстановки базовых станций. Операторы улучшают покрытие по мере необходимости. Это негативно отражается на финансово-экономическом потенциале всех компаний. Ведь сотовые компании тратят большие средства на установку и содержание базовых станций, которые являются излишними.

Исходя из того, что методика разрабатывалась на основе динамического программирования, особенностью разработанного метода является универсальность в использовании.

Сотовая связь – современная, общедоступная развивающаяся область телекоммуникаций, направленная на взаимодействие подвижных пользователей [1, С. 10].

Базовая станция – многоканальный приемопередатчик, служащий интерфейсом между сотовым телефоном и центром коммутации подвижной сети, где роль проводов телефонной сети выполняют радиоволны [2, С. 10].

Учитывая, что в каждом поколении есть несколько стандартов, различные ученые и представители сотовых компаний приводят разные классификации поколений сотовой связи. Основная классификация стандартов сотовой связи включает в себя 4 поколения. В настоящее время развивается стандарт сотовой связи четвертого поколения – LTE (Long Term Evolution), и информация является важнейшим ресурсом.

Учитывая, что потребность в получении информации касается абсолютно любой сферы деятельности: военной, политической, социальной, педагогической, личной и т.д., доступ к информации является неотъемлемой частью повседневной жизни.

В соответствии с Федеральным законом № 149 от 27 июля 2006 г. «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» и национальным стандартом Российской Федерации (ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации. Основные термины и определения) [3, 4]: «Информация – это сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления».

Следовательно, согласно этим источникам сформируем определение [3, 4]: «доступ к информации – возможность получения информации и ее использования».

Передача информации посредством сотовой связи представляет собой один из наиболее распространенных, часто используемых и востребованных видов передачи данных во всем мире. В современном мире доступ к информации должен быть стабильным.

Так как большой поток информации передается посредством сотовой связи, основной задачей информационной безопасности в системе связи является предотвращение возникновения инцидентов, связанных с нарушением свойств безопасности информации:

- конфиденциальности;
- целостности;
- доступности.

Учитывая, что в стандарте сотовой связи LTE поддерживается пакетная передача данных, переходя на сеть LTE сотовые операторы должны реорганизовывать сеть голосовых вызовов. В настоящее время имеется три подхода к решению вопроса организации передачи голосового сигнала [5]:

1. VoLTE (Voice over LTE) – операторы сотовой связи организывают передачу голосовых вызовов как потока данных;
2. Circuit-switched fallback (CSFB) – для передачи голосового вызова устройство абонента каждый раз при вызове возвращается к сети GSM или UMTS, используя саму суть LTE только как передачу пакетных данных абонентам. В настоящее время все российские операторы сотовой связи используют данную технологию;
3. одновременная передача голоса и LTE (SVLTE) – данный способ основывается на требованиях к сотовому устройству абонента. Из этого исходит большой недостаток: устройство будет очень дорого стоить, иметь высокое энергопотребление.

Следовательно, для реализации качественного покрытия сети стандарта LTE (в частности на загородном участке местности) требуется отказаться от использования базовых станций предыдущих поколений, т.е. заменить все функционирующие базовые станции предыдущих поколений и расставить базовые станции четвертого поколения по разработанной методике.

Рассматривая предметную область, можно выделить основные факторы, присущи именно для загородных участков местности:

- наличие поселков, домов;
- рельеф местности (наличие холмов, гор);
- наличие трасс федерального значения и региональных дорог;
- наличие промышленных объектов;
- наличие критически важных объектов, промышленных комплексов с постоянной потребностью связи, VIP-объектов;
- наличие лесного массива;
- наличие водоемов;
- концентрация абонентов, постоянно находящихся в исследуемой местности;
- меняющаяся концентрация абонентов, находящихся в исследуемой местности.

В соответствии с ключевыми ограничительными факторами определим важность этих объектов и назовем данный параметр – критерий важности, отразим соответствие фактора и критерия в таблице.

Таблица. Значения критерия важности

Значение k	Объекты местности
1	трасса федерального значения; ближайший город; критически важный объект, промышленный комплекс с постоянной потребностью связи; VIP-объект;
2	региональная дорога; поселок, дома;
3	холм, гора; лесной массив; водоем.

Для выполнения работы методики требуется разделить выбранный участок местности, наложив сетку, и ввести несколько определений:

- дискрет – элементарный участок местности;
- блок – совокупность четырех смежных дискретов;
- сумма важностей – сумма значений критериев важности каждого дискрета в блоке. На схеме исследуемой местности графическое отображение суммы важностей показывает предполагаемую расстановку базовой станции.

Алгоритм методики:

1. выбрать местность, где необходимо достигнуть качественное покрытие сети. Сделать выборку из географической информационной системы;
2. разбить местность на сегменты (дискрет), расстояние между которыми должно быть 3 км;
3. выставить критерии важности, в соответствии с таблицей;
4. рассчитать суммы важностей;
5. блоки, где сумма важностей равна 12, можно отбросить и не рассматривать при расстановке базовых станций. Ведь данное значение показывает, что никаких важных объектов, где необходимо покрытие сети в данном блоке нет;
6. проанализировать, если дискрет с первостепенным критерием важности (1, 2) находится в блоке с наименьшей суммой важностей – требуется поставить базовую станцию в блоке с наименьшей суммой важностей;
7. расставить базовые станции в соответствии с выбранными блоками.

Работа алгоритма показана на рисунке, а. Проблема доступности связи исследована в поселке им. Свердлова Ленинградской области. Графически показано, где рекомендуется расстановка базовых станций.

Однако данные координаты носят рекомендательный характер, базовая станция должна быть расположена в пределах блока, так как графическое расположение может указывать на расстановку базовой станции на реке или болоте (как в исследуемом примере), где установка базовой станции запрещена в соответствии с техническими характеристиками.

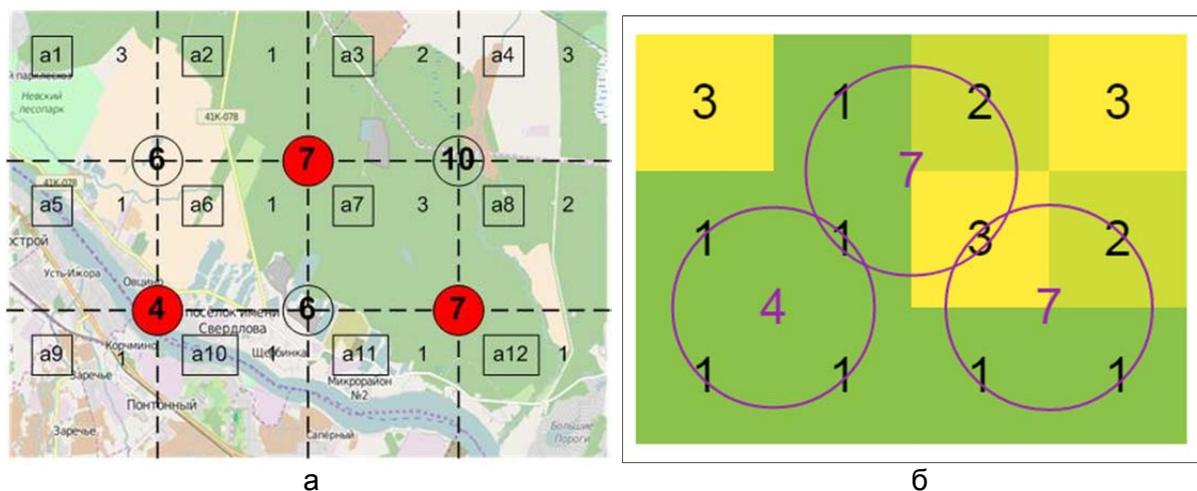


Рисунок. Расположение базовых станций в исследуемой местности: работа алгоритма (а); работа программы (б)

Для наглядности работы методики разработана программа на языке программирования JavaScript. Запуская данную программу, производится расчет, который заменяет работу алгоритма с 4 по 7 пункт. Пример работы программы показан на рисунке, б. Следовательно работа пользователя сводится к минимуму, использовать данную программу может любой сотрудник сотовой компании.

Разработанная методика расстановки базовых станций обеспечит доступность информации в сетях сотовой связи на загородных участках местности. Следует отметить, что использование подхода динамического программирования позволит использовать данную методику экономя большое количество трудовых ресурсов (нет требований к образованию и квалификации пользователя методики), а также увеличивая четкость и качество определения расположения базовых станций. В дальнейшем планируется провести тестирование работы алгоритма и программы оператором мобильной связи.

Литература

1. Ратынский М.В. Основы сотовой связи: учебно-методическое пособие / Под ред. Д.Б. Зимины. – М.: Радио и связь, 1998. – 248 с.
2. Печаткин А.В. Системы мобильной связи. Часть 1. Принципы организации, функционирования и частотного планирования систем мобильной связи. – Рыбинск, РГАТА, 2008. – 122 с.
3. ГОСТ Р 500922-2006. Защита информации. Основные термины и определения. – Введен 01.02.2008. – М.: Стандартинформ, 2008. – 8 с.
4. Федеральный закон № 149 от 27 июля 2006 г. «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=183056&fld=134&dst=1000000001,своб>.
5. История развития LTE сигнала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://radiodom.spb.ru/news/istoriya-razvitiya-LTE-signala,своб>.

УДК 338.124.4

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРИЗИСОВ И ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭКОНОМИКИ

А.О. Иванова¹

Научный руководитель – аспирант Т.С. Кочегарова¹

¹Университет ИТМО

Экономика любой страны подвержена циклическим колебаниям, которые не обходятся без такой стадии, как экономический кризис. Данное явление остается самым непонятным, необъяснимым и широко дискутируемым в науке. В связи с этим необходимо более детально исследовать теоретические основы кризиса в целом, а также проанализировать особенности развития отечественной экономики в настоящее время.

Ключевые слова: экономический кризис, теория кризисов, сравнительный анализ кризисов.

Общество во все времена стремилось к экономическому росту, национальному богатству, достойному уровню жизни и стабильности. Однако, как показывает история, такой рост не является ни плавным, ни постоянным. Экономика любой страны подвержена колебаниям, так называемым циклам экономической конъюнктуры. Циклы носят периодический, но чаще всего, нерегулярный характер. Периодичность заключается в том, что экономический подъем постоянно приводит к экономическому упадку, за которым наступает новый подъем. Падение производства в значительных масштабах приводит к экономическому кризису.

В общем смысле экономический кризис представляет собой резкое ухудшение общего экономического состояния страны, проявляющееся в значительном спаде производства, в нарушении сложившихся производственных связей, в банкротстве предприятий и росте безработицы. Тем не менее, каким бы разрушительным не был кризис, он является необходимым элементом прогресса и выполняет весьма важные функции:

- разрушительную функцию, устраняя либо преобразуя прежнюю, господствующую, но уже исчерпавшую свои возможности систему;
- творческую функцию, подготавливая почву для установления первоначально слабых элементов новой системы;
- наследственную функцию, перенося в новую систему зачастую преобразованные элементы, которые прошли испытание на прочность и теперь аккумулируются, накапливаются и переходят в будущее.

Кризис переживает несколько стадий в своей динамике (рис. 1):

1. латентный период, когда предпосылки назревают, но не проявляются. Данный период совпадает с заключительной фазой уходящего цикла и зарождением последующего цикла;
2. период взрыва, т.е. резкого обострения всех разногласий, ухудшение показателей и состояния системы. Возможны задержки в выходе из кризиса;
3. период смягчения кризиса, в котором создаются предпосылки для его преодоления, переход к фазе депрессия.

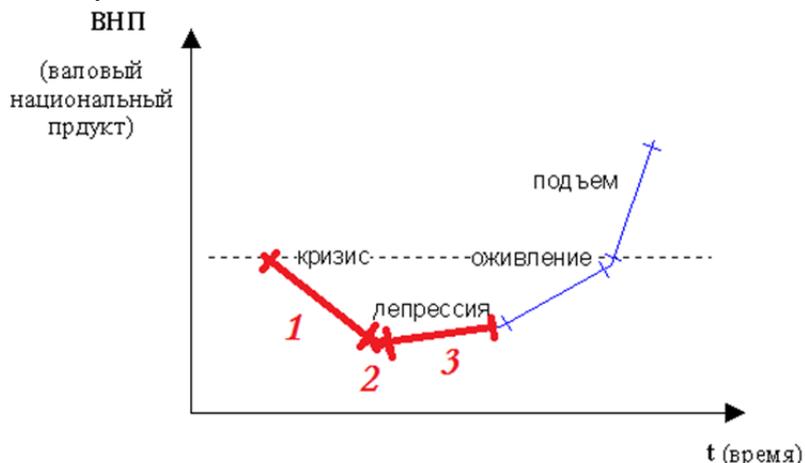


Рис. 1 Стадии кризиса в экономическом цикле [1]

Причины циклов по-разному объясняются в экономической теории. Неоклассическое направление рассматривало кризисы как случайное, быстро проходящее явление. Кредитно-денежная концепция цикла представляет кризисы как результат сбоев в области денежного спроса и предложения. Марксистская теория находит причину кризиса в противоречиях капитализма, в основном между общественным характером производства и частнокапиталистической формой присвоения. В то время как кейнсианская концепция видела причины отклонения системы от равновесия в слабости рыночного механизма, что означает государственное вмешательство в регулирование производства.

Современные экономисты выделяют три подхода к определению причин циклов. Первый подход заключается в объяснении циклов внешними (экзогенными) факторами – явлениями, происходящими вне экономической системы (изменения в численности населения, изобретения и инновации, войны и др.). Другой подход ссылается на внутренние (эндогенные) факторы – явления, происходящие внутри системы (потребление, инвестирование и деятельность правительства). Третий подход представляет собой синтез внешних факторов, которые дают первоначальный толчок циклу, и внутренних факторов, приводящих к пофазным колебаниям. Последнее направление считается более продуктивным [1].

Проблема финансового и экономического кризиса в настоящее время является очень значимой во всем мире. На сегодняшний день существует большое количество теорий для объяснения проблем кризисов, которые могут быть разделены на три группы: теория производства (кризисы – это результат общего перепроизводства и недопотребления); теория обмена (кризисы – результат периодического колебания товарных цен, прекращения процесса повышения стоимости); теория распределения (кризис – результат недостаточного потребления, обусловленного бедностью масс).

Рассмотрим каждую из приведенных теорий более подробно.

1. Теория производства. Уже Ж.Б. Сэ говорил, что промышленные кризисы происходят от того, что невозможность сбыта некоторых товаров зависит от недостаточного производства товаров в других отраслях промышленности. При этом Сэ опровергал

возможность возникновения всеобщих кризисов, утверждая, что спрос и предложение, производство и потребление тождественны и всегда друг друга уравнивают. Утверждения Сэ были полностью поддержаны представителем классической школы политической экономии Д. Рикардо, который также отрицал возможность всеобщих экономических кризисов, а частичные кризисы перепроизводства объяснял нарушением пропорциональности между различными отраслями производства.

Однако в то время, когда писали Сэ и Рикардо, промышленные кризисы были еще новым явлением, и потому их было легко назвать абсолютной случайностью. Дальнейшие события показали, что промышленные кризисы не представляют собой случайного потрясения торговли, зависящего от внешних факторов, но что они представляют собой особую черту современного народного хозяйства и повторяются с правильной периодичностью даже при самых благоприятных условиях для развития национальной промышленности и торговли.

Эту мысль далее развивали многие известные экономисты: Джемс Вильсон, Стэнли Джевокс, Фридрих Энгельс, К. Каутский. Из всех существующих объяснений, школа Маркса–Энгельса дала самое глубокое объяснение кризисов, тем не менее, данный вопрос не считается удовлетворительно разрешенным [2].

2. Теория обмена. Буржуазные экономисты издавна пытались объяснить кризисы кредитно-денежными факторами. Так, еще в первой половине XIX в. в Англии представители «денежной школы» (одним из которых был лорд Оверстон), утверждали, что кризисы вызываются усилением спекуляции на товарном и денежном рынке, а также слишком либеральной системой банкнотной эмиссии. Именно излишнюю кредитную экспансию они считали причиной роста цен и перепроизводства товаров. Более широко распространение кредитно-денежная теория кризисов получила в XX в. Сторонник данной теории английский экономист Р. Хоутри, видел причину экономических кризисов в том, что банки время от времени переходят от расширения кредита к его сокращению, а в результате сокращения кредита происходит и сокращение деловой активности.

Американский экономист Л. Минтс утверждал, что в смене промышленных подъемов кризисами виновен «полнейший беспорядок и ненадежность, имеющиеся в настоящее время в нашей денежной системе». Данная теория вызывала многочисленные споры и дискуссии таких ученых, как: Джон Лоу, Роберт Пиль, Эмиль де-Лавеле, К. Жюглар, Джон Милльс [2]. Впоследствии данная теория оказалась несостоятельной, поскольку ее сторонники пытались объяснить кризисы ошибками банков, проводящих неправильную кредитно-денежную политику, и преувеличивали роль кредита и денег в капиталистическом воспроизводстве.

3. Теория распределения. Основоположителем теории распределения был швейцарский экономист первой половины XIX в. Сисмонди. Основной причиной кризисов Сисмонди считал противоречие между производством и потреблением. Он выдвинул следующее объяснение промышленных кризисов: «каждое техническое изобретение вызывает сокращение спроса на предметы первой необходимости и возрастание спроса на предметы роскоши, а так как перевести капитал из одной отрасли промышленности в другую очень трудно, то и происходит переполнение рынка товарами, другими словами – промышленный кризис». Данное высказывание было воспринято и подробно развито немецким экономистом К. Родбертусом, который считал, что кризисы вызываются недостаточным потреблением, связанным с неравномерным распределением национального дохода [2].

Теория распределения в несколько измененном виде занимает место и в современной буржуазной политической экономии. Представители современной теории распределения видят источник трудностей не в снижении доли заработной платы в

национальном доходе, а в росте доходов, в результате чего у людей появляется стремление осуществлять большие сбережения, а это приводит к недостаточному спросу на предметы как личного, так и производительного потребления.

Существенный вклад в изучение теории экономических кризисов внесла российская научная школа. Ее основателем является крупнейший российский экономист Михаил Иванович Туган-Барановский (1865–1916). Ученый поставил перед собой цель – разгадать загадку периодических промышленных кризисов. Он провел фундаментальное теоретическое исследование, на основе которого была опубликована книга «Периодические промышленные кризисы. История английских кризисов. Общая теория кризисов» [3], принеся автору мировую известность и заложившая основы изучения хозяйственной конъюнктуры в рыночной экономике и ее научного прогнозирования.

Теория М.И. Туган-Барановского о периодичности кризисов продолжала развиваться его учеником Николаем Дмитриевичем Кондратьевым (1892–1938), который представил особое объяснение цикличности: отклонение экономики от состояния равновесия связано с переходом от одного технологического способа производства к другому. Рубежи между ними отграничивают крупные этапы человеческой цивилизации. Эти длительные циклы сроком в 40–60 лет в дальнейшем получили название «длинные волны Кондратьева» (рис. 2) [4]. Хотя идеи долгосрочных циклических колебаний в экономике высказывались и до Кондратьева, именно ему принадлежит заслуга формирования и статистической проверки теории длинноволновых колебаний.

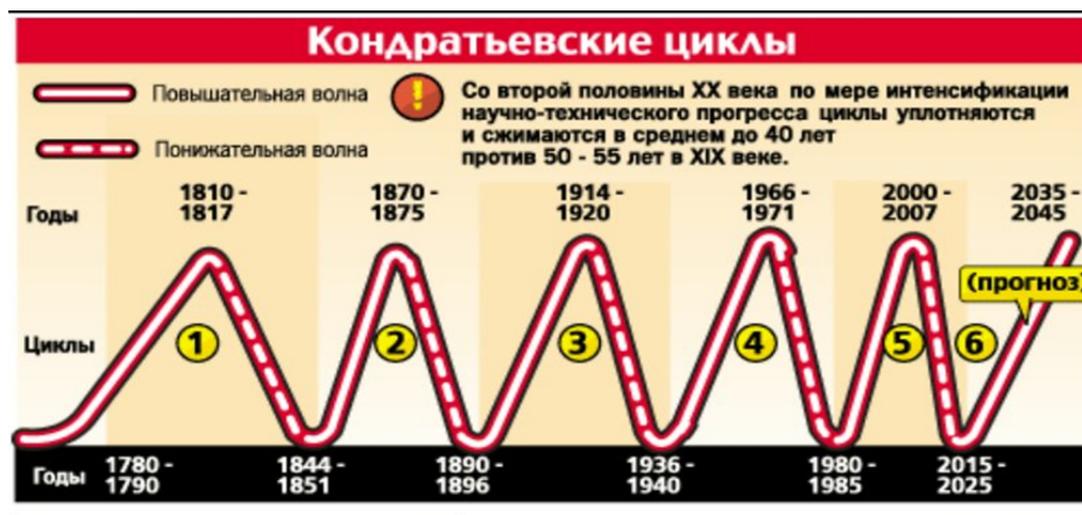


Рис. 2. Кондратьевские циклы [4]

В настоящее время наблюдается валютный кризис в России, начавшийся в 2014 г. Еще Кондратьевым были спрогнозированы данные волнения в экономике. Причиной кризиса являются снижение цен на энергоресурсы, что привело к девальвации рубля по отношению к иностранной валюте, а также введение экономических санкций против России из-за Крымского кризиса. Ослабление рубля, набирающая обороты инфляция и спад производства, спровоцировали рост безработицы в стране и снижение уровня жизни населения. На данный момент нестабильная экономическая ситуация в России начала оказывать негативное влияние на экономики некоторых стран ближнего и дальнего зарубежья, имеющих тесные экономические связи с Россией. Данный кризис имеет значительные сходства с кризисом 1998 г. В таблице приведен сравнительный анализ кризиса 1998 г. и современного экономического кризиса. Изучив их сходства и различия, можно разработать способы решения насущных экономических проблем, основываясь на опыте предшествующих лет.

Таблица. Сходства и различия кризисов 1998 г. и 2014 г. [5]

Сходства	Различия
1. Падающая цена на нефть	1. Санкции
Оба кризиса уникальны, хотя оба раза определенную роль сыграла неблагоприятная ситуация на рынке нефти (низкие мировые цены на сырье, составлявшее основу экспорта России), но в 1998 г. ситуация была намного хуже, чем в 2014 г.	Кризис 2014 г. дополнительно был осложнен внешнеполитической составляющей, чего не было в 1998 г., что, с другой стороны, позволяет создавать преференции для местных производителей на внутреннем рынке. Производители вынуждены искать замену санкционированным продуктам.
2. Обвал валют	2. Валютные резервы
В 1998 г. старые обязательства покрывались только за счет новых выпусков. Спрос поддерживался за счет высоких процентных ставок и посредством привлечения спекулятивного капитала из-за рубежа. Политика сдерживания курса в узком коридоре была отменена, и были утверждены новые принципы плавающего валютного курса.	В современном кризисе имеются денежные резервы для маневра, чего не было в 1998 г. Но резервы Фонда национального благосостояния стремительно тают.
Сегодня сюжет развивается довольно схоже, но со своими особенностями. Первые серьезные скачки валют начались с момента обострения ситуации на Украине (март 2014 г.). Затем добавились экономические санкции, а после посыпались нефтяные котировки, все это вызвало значительное падение курса рубля и привело к увеличению инфляции и снижению реальных доходов населения.	3. Процентные ставки
	В 1998 г. процентные ставки взлетали как на дрожжах. Сейчас они, конечно, тоже растут, но нынешние подъемы выглядят довольно скромно.
3. Политика федеральной резервной системы	4. Долговая политика
В обоих случаях мы наблюдаем весьма неумелые действия монетарных властей. В 1998 г. это была пирамида государственных краткосрочных облигаций. В 2014 г. наблюдалась одновременная девальвация рубля и повышение банковской ставки, что обрушило ярмо на плечи производителей.	В отличие от современной ситуации, 17 лет назад у страны была куча внешних и внутренних долгов. Кризис 1998 г. повлек отказ от выполнения обязательств по выплате внутренних займов, привел к резкому переходу на импорт товаров и продуктов и экспорт сырья.

Таким образом, история экономических кризисов показывает, что с каждым последующим разом кризисы приобретают все новые черты и имеют больший масштаб, нежели предыдущие кризисы. Именно поэтому знание закономерностей и причин кризисов необходимо для предотвращения глобальных экономических катастроф. К сожалению, имеющиеся на данный момент концепции и знания не способны полностью исчерпать проблему кризисов, поэтому над миром по-прежнему стоит угроза нового катаклизма в экономической сфере. При этом адекватная оценка экономической обстановки в государстве и мире, учет ошибок специфических явлений

за всю историю экономических кризисов, применение разработанных учеными принципов по выходу из кризиса, способно помочь в выборе правильного решения по преодолению кризиса или безболезненному выходу из него.

Тем не менее, наблюдаются сходства современного кризиса с предыдущим, что говорит о недостаточно усвоенном опыте государством. Для преодоления нынешних проблем необходимо пересмотреть материалы о кризисе 1998 г. и проанализировать предпринятые в тот момент меры по выходу из него. В последующем, основываясь на особенностях современной обстановки в мире и стране, необходимо объединить опыт прошлого кризиса с новыми реформами для разработки эффективного плана развития экономики.

Литература

1. Амосова В.В., Гукасян Г.М., Г.А. Маховикова. Экономическая теория. – Изд. 2-е. – М.: ПИТЕР, 2002. – С. 404–405.
2. Туган-Барановский М.И. Периодические промышленные кризисы. – М.: Наука; РОССПЭН, 1997. – С. 85–180, 277–312.
3. Мельник М.С. Теория экономических кризисов М.И. Туган-Барановского и современность. – М.: Социально-политические науки, 2013. – С. 3–5.
4. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. – М.: Экономика, 2002. – 647 с.
5. Справка об истории экономических кризисов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ria.ru/crisis_spravki/20080917/151357556.html, своб.

УДК 004.02

ЗАДАЧА АУДИОВИЗУАЛЬНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ СЛИТНОЙ РЕЧИ

Д.В. Иванько¹

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Карпов¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрены последние результаты, достигнутые в области аудиовизуального распознавания слитной речи. Одной из важнейших задач аудиовизуальной обработки является понимание того, как именно модальности взаимодействуют и влияют друг на друга. В данной работе этот вопрос рассматривается в контексте аудиовизуального распознавания речи. В ходе дальнейших исследований планируется реализация системы аудиовизуального распознавания слитной русской речи с применением современных методов объединения многомодальной информации.

Ключевые слова: аудиовизуальная интеграция, аудиовизуальное распознавание речи, многомодальный анализ, многомодальное объединение.

Существует множество приложений, в которых производится объединение аудио и видео, такие как: распознавание речи, распознавание диктора, биометрическая верификация, обнаружение события, слежение за человеком или объектом, локализация и слежение за активным диктором, анализ музыкального контента, распознавание эмоций, видеописк, человеко-машинное взаимодействие, обнаружение голосовой активности и разделение источников звукового сигнала. Очевидно, что в некоторых приложениях используются изображения лиц, а иногда даже движения всего тела, а не только лица.

Важным вопросом при проектировании аудиовизуальных (АВ) систем распознавания является то, как правильно интегрировать знания из различных модальностей (в нашем случае аудио и видео), чтобы сохранить необходимую информацию от каждой модальности, но при этом избавиться от недостатков обеих.

Многомодальное объединение – это синергетическое использование информации, полученной из разных модальностей (каналов взаимодействия). Термин «многомодальная интеграция/многомодальное объединение» может относиться к любой стадии процесса интеграции, где присутствует реальная комбинация различных источников информации. Объединение данных имеет смысл, когда данные предоставляют избыточную и дополнительную информацию [1]. Это уменьшает общую неопределенность и способствует повышению точности, с которой признаки воспринимаются системой. Избыточность информации также служит цели повышения надежности системы в случае ошибки или сбоя в исходных сигналах. Дополнительная информация из нескольких модальностей позволяет использовать признаки, которые невозможно однозначно воспринять, имея лишь информацию от каждой модальности в отдельности. Также благодаря параллельной обработке данных несколько модальностей предоставляют более оперативную информацию.

Аудиовизуальный (АВ) анализ является частным случаем многомодального анализа, в котором входными данными являются только аудио- и видеосигналы. Обе модальности взаимосвязаны и содержат дополняющую друг друга информацию. Например, видимость лица улучшает восприятие речи. Общая структура АВ системы распознавания речи приведена на рисунке.

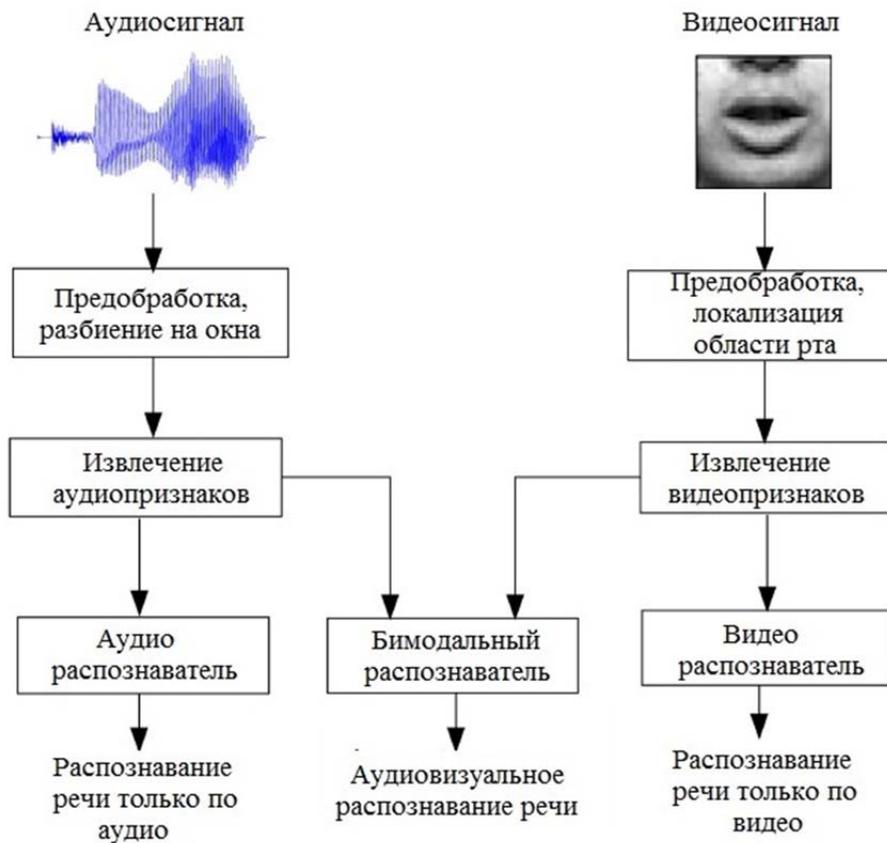


Рисунок. Общая структура АВ системы распознавания речи

При проектировании АВ системы распознавания возникают следующие проблемы:

1. эффективность каждой модальности не является одинаковой в различных условиях. В некоторых случаях система должна больше полагаться на аудиоинформацию, например, в темном помещении, тогда как в других условиях необходимо больше полагаться на видео, например, в акустически шумном окружении. Другими словами, система должна быть адаптивной к качеству, надежности и достоверности модальностей. Общий подход к достижению этой цели заключается в рассмотрении

весов для каждой модальности во время объединения информации. Взвешивание может быть выполнено путем постоянного динамического регулирования весов модальностей в соответствии с качеством тестовых данных или путем расчета некоторых постоянных весов на основе обучающих данных. В тех случаях, когда в обучающих и тестовых данных качество модальностей речи отличается, необходимо использовать динамическое взвешивание. Проблема оценки соответствующих весов для различных условий остается нерешенной, хотя ряд исследователей уделял ей внимание [2];

2. работа с несколькими модальностями разных типов может стать причиной проблем рассинхронизации информации. Существует два основных типа асинхронности в АВ интеграции. Первый тип возникает благодаря асинхронности аудио- и видеопотоков. Например, визуальные и звуковые признаки речи не обязательно охватывают именно один и тот же промежуток времени. В результате возникает естественная асинхронность между речью и визуальными данными. В АВ распознавании эту проблему относят к сохраняющейся и преждевременной коартикуляции (*Preservatory and anticipatory coarticulation*). Кроме того, объем данных, который требуется для выполнения определенной задачи, зависит от конкретного приложения. Например, этот объем данных будет больше при решении задачи АВ обнаружения событий по сравнению с АВ распознаванием речи. Устранение рассинхронизации модальностей является одной из важнейших проблем в реальных приложениях;
3. на сегодняшний день доступны большие объемы АВ речевых данных, но, в основном, они не размечены и не сегментированы по времени. Процесс разметки данных требует человеческих ресурсов, что отнимает много времени и средств. Актуально иметь метод интеграции, который способен извлечь пользу из большого количества неразмеченных данных. Использование неразмеченных данных не рассматривается в большинстве обычных АВ методов. Однако недавние исследования [3] проводились со сценариями обработки АВ данных без учителя и с частичным обучением с учителем. В целом они рассматривали проблему многомодальной обработки как проблему многовидового (*Multiview learning*) обучения. Предлагались новые методы обучения для решения задач отсутствующей разметки, зашумленной модальности и использования частичного обучения.

Важным шагом перед интеграцией информации является правильное и эффективное представление модальностей (аудио- и видеосигналов) в пространстве признаков. Для аудиосигналов широко используются мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC), коэффициент линейного предсказания (LPC), апостериорные признаки фонем, просодические признаки и т.д. С другой стороны, сложной задачей является возможность вычисления соответствующих визуальных признаков из видеосигналов. Для извлечения же визуальных признаков используются подходы, которые могут быть поделены на четыре группы: на основе изображения, движения, геометрии лица и моделей.

В качестве визуальных признаков, описывающих параметры губ диктора (виземы), могут использоваться две различные системы:

1. пиксельные визуальные признаки, использующие компактное описание графической области губ, например, анализ главных компонент (*Principal Component Analysis, PCA*) визуальной области губ человека с программным обнаружением области интереса на изображениях с видеокамеры;
2. геометрические визуальные признаки, использующие анализ цветовой дифференциации изображения и описывающие геометрическую форму губ человека: ширина рта, толщина верхней и нижней губ, видимость языка и зубов.

В большинстве случаев после извлечения визуальных признаков применяются методы понижения размерности пространства признаков. Для захвата временной

динамики в аудио- и видеопотоках из новых признаков берутся производные первого и второго порядка. В силу того, что темпы аудио- и видеопотоков различаются, требуется этап интерполяции, чтобы представить их с одинаковой скоростью. Хотя в большинстве случаев информация о модальностях объединяется только после извлечения признаков, возможно рассмотреть эту информацию во время извлечения признаков.

Объединение модальностей может выполняться на нескольких различных уровнях. Объединение на уровне векторов признаков делается до начала процесса моделирования путем объединения признаков из всех модальностей. Этот способ называется ранней интеграцией. С другой стороны, возможен способ объединения модальностей на уровне принятия решений. В данном случае моделирование каждого канала выполняется отдельно, а затем выходы или решения моделей интегрируются для принятия окончательного решения. Этот способ известен как поздняя интеграция. Кроме того, существует и другой способ, который находится между ранней и поздней интеграцией, и называется промежуточной интеграцией (в некоторых источниках его относят к ранней интеграции). Также можно комплексировать два способа интеграции, выполняя объединение одновременно на двух уровнях, что называют гибридным подходом [4]. Далее эти способы описаны более подробно с анализом их преимуществ и недостатков.

1. Ранняя интеграция. В начале вектора информативных признаков извлекаются из двух модальностей, с последующим объединением признаков в один общий вектор. Этот процесс называется интеграцией признаков. Например, объединение (конкатенация) входных векторов признаков в один вектор является одним из простейших способов интеграции признаков. Затем интегральные вектора признаков подаются на вход метода моделирования речи, который формирует решение о гипотезе распознавания. В способе ранней интеграции корреляция между модальностями обнаруживается на уровне признаков, благодаря чему требуется только один процесс моделирования. Это приводит к снижению сложности реализации по сравнению с другими подходами, которые нуждаются в большем количестве процессов моделирования. Однако векторы признаков должны быть преобразованы и масштабированы для того, чтобы сохранить корреляцию в пространстве признаков. Еще одной проблемой является размер интегрального вектора признаков, который может привести к работе в пространстве признаков высокой размерности. Это может затруднить процесс моделирования и уменьшить масштабируемость системы. Некоторые методы могут быть использованы для решения этой проблемы, такие как анализ главных компонент (РСА) или линейный дискриминантный анализ (LDA). Кроме того, из-за разной скорости считывания и времени обработки может возникнуть асинхронность между модальностями. Также надо учитывать тот факт, что вектора признаков, объединенные вместе, должны иметь одинаковую длительность по времени (описывать сегменты сигналов одинаковой длины). Стоит отметить, что, несмотря на то, что интеграция признаков является наиболее распространенным способом ранней интеграции, иногда одна модальность может использоваться для определенной инициализации или подготовки системы, а остальная часть задачи выполняется с использованием другой модальности. Например, в [5] для задачи визуального слежения за несколькими дикторами звуковая модальность использовалась только для инициализации системы, благодаря чему ограничивалось пространство поиска визуального детектора лиц, а впоследствии в системе использовалась только визуальная модальность.
2. Промежуточная интеграция: способы промежуточной интеграции близки к ранней интеграции. С помощью этих подходов, аудио- и видеопризнаки речи предоставляются одному процессу моделирования. Основным отличием этого способа является то, что процесс моделирования специально разработан для

обработки нескольких каналов. Он моделирует каждую модальность отдельно, с учетом взаимодействия между ними. По сравнению с ранней интеграцией, которая не делает различий между признаками от разных модальностей, промежуточные подходы учитывают разницу между ними, что позволяет им обрабатывать некоторую степень асинхронности между модальностями, а также рассматривать веса для них в различных ситуациях. Основной трудностью промежуточной интеграции является ограничение в выборе методов моделирования, потому что они должны быть разработаны специально для промежуточного интеграционного процесса.

3. Поздняя интеграция. При таком способе отдельный процесс моделирования принимает признаки одной модальности в качестве входных данных и формирует выходное решение (гипотезу распознавания). Затем решения интегрируются, и финальное решение о гипотезе распознавания принимается блоком интеграции решений. Наиболее простыми методами, используемыми на этом этапе, являются взвешивание, суммирование и голосование. Также могут быть использованы более продвинутые алгоритмы машинного обучения, такие как адаптивное усиление классификаторов (Adaptive Boosting) и др.

В позднем способе интеграции выходы процессов моделирования имеют сходные представления гипотез распознавания, и объединить их легче, чем объединить вектора признаков, как это делается при ранней интеграции. Кроме того, обработать асинхронность модальностей легче на уровне принятия решений. Такая система является более масштабируемой по числу модальностей по сравнению со способом ранней интеграции. Еще одно преимущество этого подхода состоит в том, что для каждой конкретной модальности могут быть подобраны соответствующие методы обработки. Например, в задаче АВ распознавания речи метод опорных векторов (SVM, Support Vector Machines) используется как процесс моделирования визуальных признаков, в то время как скрытые марковские модели (СММ) используются для речевых сигналов. Основным недостатком способа поздней интеграции является то, что невозможно извлечь непосредственную выгоду из корреляции модальностей на уровне признаков. Кроме того, из-за необходимости отдельного моделирования каждой модальности, поздняя интеграция является более сложной в реализации по сравнению с ранней интеграцией.

Как уже говорилось выше, каждый тип интеграции имеет свои плюсы и минусы. Некоторые работы предлагают объединять эти подходы и получить выгоду из преимуществ обоих. Такой подход обычно называют гибридной интеграцией. При этом используется комплексирование методов ранней, промежуточной и поздней интеграции. Затем для получения окончательного результата распознавания используются решения обеих систем в сочетании с блоком интеграции решений. Таким образом, одновременно можно использовать преимущества как ранней, так и поздней интеграции.

В работе представлен аналитический обзор современных методов объединения информации. Доказывается актуальность их применения не только в задачах распознавания речи, но и в ряде смежных областей, таких как: биометрическое распознавание личности, слежение за человеком/объектом, локализация диктора, обнаружение событий на видео и т.д. По результатам анализа выделяется несколько способов интеграции АВ информации: ранняя, промежуточная, поздняя и гибридная. Отмечены преимущества и недостатки различных подходов, и наряду с этим даны определения и систематизация современных способов АВ интеграции.

Основываясь на актуальности направления аудиовизуального распознавания речи, в дальнейшем авторами планируется реализация системы АВ распознавания слитной русской речи с использованием микрофона и высокоскоростной видеокамеры с применением современных методов многомодального объединения информации.

Литература

1. Katsaggelos A.K., Bahaadini S., Molina R. Audiovisual Fusion: Challenges and New Approaches // Proc. of the IEEE. – 2015. – V. 103. – № 9. – P. 1635–1653.
2. Terry L.H., Livescu K., Pierrehumbert J.B., Katsaggelos A.K. Audio-visual anticipatory coarticulation modeling by human and machine // Proc. Interspeech. – 2010. – P. 2682–2685.
3. Ngiam J., Khosla A., Kim M., Nam J., Lee H. Multimodal deep learning // Proc. 28th International Conference on Machine Learning. – 2011. – P. 689–696.
4. Wu Z., Cai L., Meng H. Multi-level fusion of audio and visual features for speaker identification // Advances in Biometrics. Berlin, Germany: Springer-Verlag. – 2005. – P. 493–499.
5. Barnard M., Koniusz P., Wang W., Kittler J. Robust multi-speaker tracking via dictionary learning and identity modeling // IEEE Transactions on Multimedia. – 2014. – V. 16. – № 3. – P. 864–880.

УДК 336

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ИПОТЕЧНОГО КРЕДИТОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Т.А. Игнатьева¹

Научный руководитель – к.э.н., доцент А.И. Александрова¹

¹Университет ИТМО

Жилищный вопрос всегда был и остается достаточно актуальным, поскольку каждый гражданин хочет иметь собственное жилье, но не может себе это позволить из-за недостатка средств, и в этой ситуации ипотечное кредитование является решением данной насущной проблемы. Именно поэтому целесообразно изучить значение ипотеки, как для отдельных граждан Российской Федерации, так и для экономики страны в целом, этому и посвящалась данная работа.

Ключевые слова: ипотека, ипотечное кредитование.

Жилье – это одно из наиважнейших социальных благ и жизненных потребностей абсолютно каждого человека, именно поэтому на основе его наличия и соответствия базовым потребностям можно судить о качестве жизни граждан. На основе статистических данных, которые были получены в ходе социологических опросов, было установлено, что около 70% жителей Санкт-Петербурга имеют недовольства относительно своих условий проживания, поэтому для этого региона максимально остро строит проблема как доступного, так и комфортного жилья [1, С. 438].

Однако чтобы говорить о доступности (или недоступности) покупки жилья в Санкт-Петербурге необходимо сравнить данные о стоимости жилья с данными о средних доходах населения в этом регионе, приведенных на рис. 1.

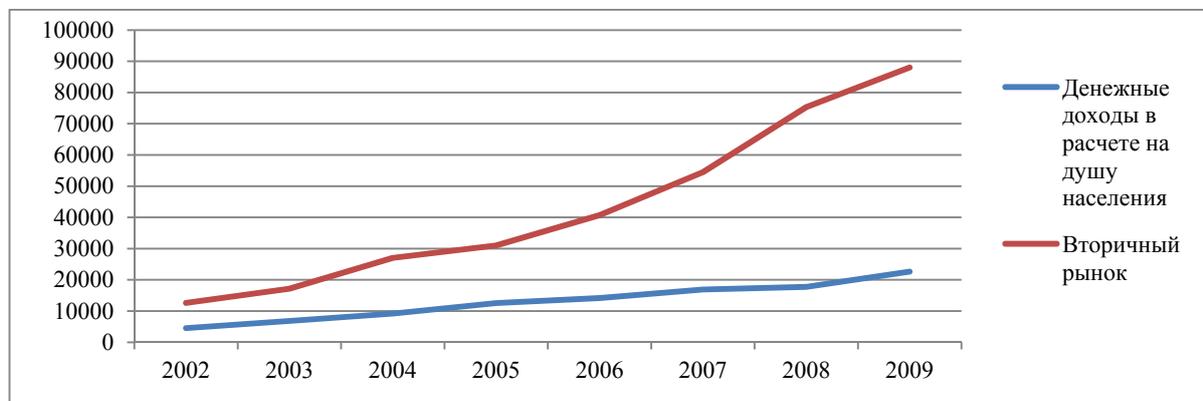


Рис. 1. Денежные доходы и стоимость жилья на вторичном рынке недвижимости в Санкт-Петербурге [2]

На рис. 1 виден очевидный разрыв между доходами населения и стоимостью 1 кв.м на вторичном рынке недвижимости. Можно предположить, что данная тенденция будет продолжаться. Для того чтобы наглядно показать фактическую доступность жилья обратимся к таблице.

Таблица. Фактические данные расчета доступности жилья в Санкт-Петербурге за 2011 год

Средняя цена за 1 м ² , руб.	Цена квартиры площадью 40 м ² , руб.	Средняя заработная плата в месяц, руб.	Средний доход за год, руб.	Количество лет для накопления на покупку квартиры, лет
99000	3960000	30250	363000	10,9

Как видно из таблицы, для покупки квартиры в Санкт-Петербурге нам потребуется порядка 11 лет при условии, что 100% заработной платы будут идти в сбережения. На основе этого можно сделать вывод о том, что решение задачи по обеспечению жильем жителей Санкт-Петербурга требует скорейшего решения и неотлагательных мер.

Ипотечное кредитование оказывает достаточно существенное влияние не только на экономическое развитие страны, а также и на социальное, притом это влияние носит многосторонний характер.

Во-первых, ипотечное кредитование положительно воздействует на процесс развития реального сектора экономики Российской Федерации (РФ). Более того, ипотечное кредитование способствует реализации построенных домов, в свою очередь, рост строительства вызывает оживление в производстве строительных материалов и конструкций, строительного и дорожного машиностроения, в деревообработке, производстве мебели и т.д.

Во-вторых, промышленное ипотечное кредитование дает возможность для ускоренной модернизации производства, что приводит к увеличению качества и повышению конкурентоспособности производимой продукции – все это ведет к увеличению экономического потенциала нашей страны.

В-третьих, также большое значение ипотечное кредитование несет и для повышения стабильности и эффективности функционирования банковской системы страны. Ипотечное кредитование уже давно является классическим направлением банковской деятельности. Также такой тип кредитов наиболее безопасен для банков, поскольку при невозврате кредита банк реализует залог и возвращает собственные средства. Снижению риска при ипотечном кредитовании также способствует целевой характер ссуд.

Однако наибольший интерес для нашей страны ипотечное кредитование представляет как способ формирования системы обеспечения доступным жильем российских граждан.

Ипотечное кредитование является одним из важнейших инструментов и механизмов повышения доступности и обеспечения граждан жильем. Основные кредиторы – это граждане РФ, которые имеют среднестатистический доход, поэтому жилье обязано удовлетворять в первую очередь потребности этих граждан. Несмотря на достаточно долгий срок кредита (от 3 до 50 лет) и огромный размер переплат (которые, в свою очередь, могут достигать более чем 100%), ипотека в большинстве случаев является единственной возможностью иметь собственное жилье, поэтому такой вид кредитования имеет спрос на рынке банковских услуг. На рис. 2 изображена динамика ипотечных кредитов в рублях, которая имеет положительную тенденцию.

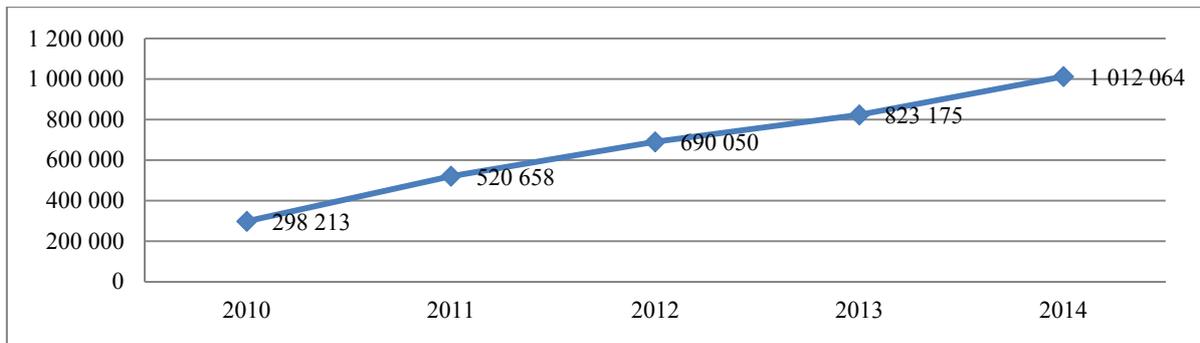


Рис. 2. Динамика количества предоставленных ипотечных кредитов в рублях в Российской Федерации, единиц [2]

Но не стоит забывать о том, что ипотека выдается и в иностранной валюте. На рис. 3 можно ознакомиться с ипотечными кредитами в иностранной валюте.

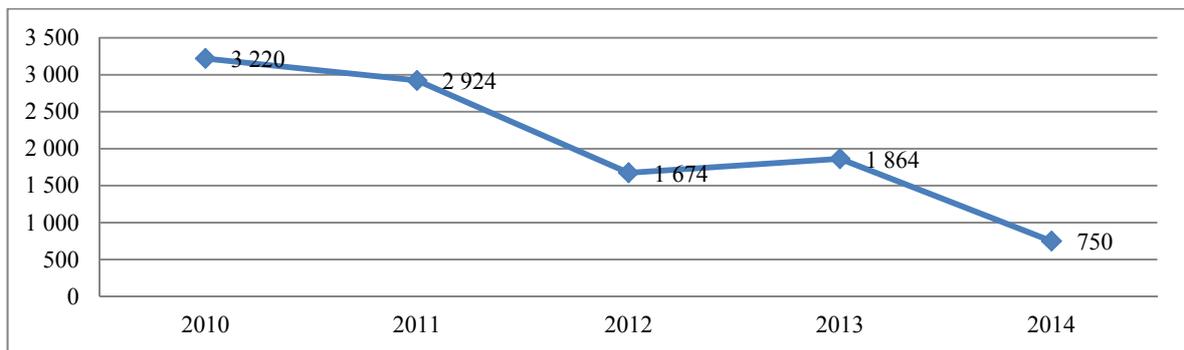


Рис. 3. Динамика количества предоставленных ипотечных кредитов в иностранной валюте в Российской Федерации, единиц [2]

На рис. 3 видна явная отрицательная динамика: количество ипотечных кредитов в иностранной валюте уменьшилось в 4,26 раза, что составляет 320%. В первую очередь это связано с нестабильным курсом рубля по отношению к иностранной валюте.

Общая динамика выданных ипотечных кредитов изображена на рис. 4, и как можно увидеть, она имеет положительную тенденцию: общий объем выданных ипотечных кредитов в период с 2005 по 2014 год увеличился в более чем 32 раза, что составило более 3200%.

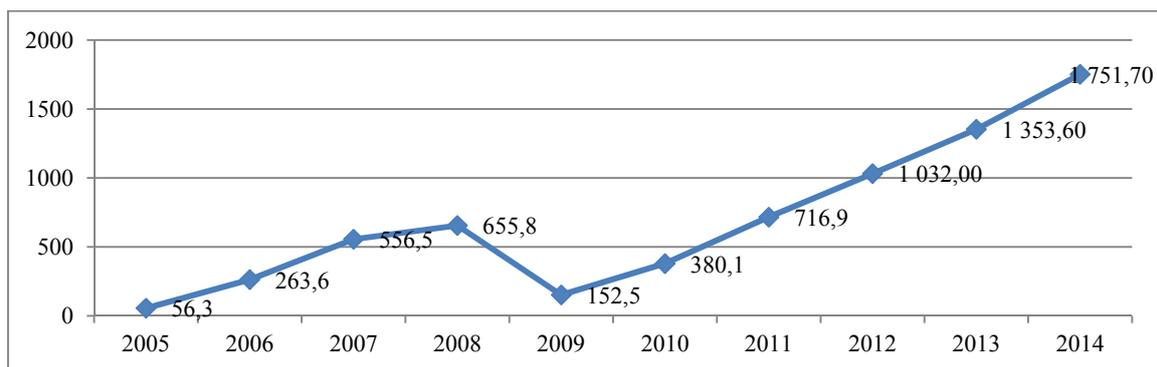


Рис. 4. Динамика общего объема выданных ипотечных кредитов в Российской Федерации, млрд руб. [2]

В качестве решения проблемы доступности жилья и популяризации ипотечного кредитования можно предложить некоторые рекомендации:

- проведение мероприятий, которые будут направлены на сдерживание роста цен на рынке жилья, при этом переориентировав концепцию развития рынка жилья не как рынка потребительского товара, а как социально необходимого товара для населения;

– способствовать участию непосредственно населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области в процессе разработки идей и предложений по решению жилищных проблем граждан.

В результате работы был сделан следующий вывод: ипотечное кредитование способствует, во-первых, социальному развитию нашей страны, а во-вторых, является одним из мощнейших механизмов процесса формирования и становления среднего класса нашей страны, поскольку предоставляет гражданам возможность иметь недвижимость в собственности. Более того, благодаря ипотечному кредитованию становится возможным процесс ускорения развитие экономики всей страны в целом, так как рост спроса на ипотеку будет вызывать необходимость роста новостроек, это сможет «оживить» некоторые отрасли промышленности, увеличить объемы производство и даст возможность его модернизировать. Тем не менее, при всех достоинствах ипотечного кредитования, ему присуще и недостатки, которые мешают его развитию в РФ [3].

Литература

1. Селютина Л.Г., Малеева Т.В. Современные направления и методы изучения спроса на услуги жилищной сферы // Европейский журнал соц. наук. – 2013. – № 4(32). – С. 436–444.
2. Федеральная служба государственной статистики. Ипотечное кредитование. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>, свобод.
3. Александрова А.И. Проблемы налогообложения недвижимости в России // Стратегическое управление организациями в изменяющемся мире сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2015. – С. 5–11.

УДК 004.056

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И СИСТЕМ ЗАЩИТЫ БАНКОВСКИХ АВТОМАТОВ

А.Ж. Иманбаев¹

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Ю. Щеглов¹

¹Университет ИТМО

Главная причина для написания данной работы – информационный вакуум вокруг темы электронных преступлений, связанных с незаконным доступом к информационным ресурсам банкоматов и банковских сетей через банкоматы. Для многих киберкриминал и способы борьбы с ним остаются чем-то далеким, почти голливудским. Тем не менее, угроза кибератак вполне реальна, она заметна не только на международном уровне, но и в России.

Ключевые слова: банкомат, киберкриминал, информационная безопасность, локальный брандмауэр банкомата, Host Intrusion Prevention system.

Ставшие традиционными преступные махинации с пластиковыми картами приобретают новые черты, выходящие далеко за пределы использования привычных скиммеров и микрокамер для съемки ввода клиентом PIN-кода. Вместе с тем активно развиваются новые методы незаконного получения персональных данных клиентов (разумеется, вместе с деньгами на их счетах). Это планомерно разработанные и превосходно организованные атаки, направленные на многочисленные бреши в системах безопасности программного обеспечения (ПО) банкоматов. Такие «тихие» преступления значительно безопаснее для злоумышленников – их трудно обнаружить, трудно доказать, трудно выследить самого преступника. Международная ассоциация

индустрии банкоматов АТМІА забила тревогу еще в 2009 г., когда сообщения о взломах информационной безопасности (ИБ) АТМ-систем приобрели массовый характер. Совсем недавно, осенью 2011 г., была выпущена уже вторая редакция специального руководства АТМІА по обеспечению защиты ПО банкоматов и выстраиванию новых политик безопасности для противодействия новым угрозам. Тезисы этого руководства являются основополагающими в данной работе [1–6].

Итак, киберпреступления из сферы научной фантастики переместились в реальную жизнь. Активно развивается практика целенаправленных атак, для которых введен термин АРТ (Advanced Persistent Threats). Особенностью таких преступных операций является планомерное изучение слабых звеньев информационной системы компании, их проверка на прочность с последующим массированным ударом по самому слабому месту информационной защиты. Актуальность и опасность этой угрозы уже оценили не только эксперты по ИБ, но и банки, причем многие – на собственном печальном опыте. По итогам опроса «2012 Global State of Information Security Survey» компании PricewaterhouseCoopers, в котором приняли участие почти 10000 руководителей финансовых учреждений, старших офицеров информационной безопасности, технических директоров и других специалистов высшего звена, половина респондентов назвали таргетированные атаки на информационные ресурсы наиболее острой темой ИБ их предприятий. За последние пару лет этот вид атак уже испытали на себе представители компаний госуправления, ядерной промышленности, безопасности и международные финансовые организации. Пугает то, что на данный момент только 16% участников опроса имеют разработанную политику ИБ, в которой адресована угроза АРТ.

В случаях с банками наиболее частой жертвой хакерских атак становится именно банкомат. Несовершенство операционной системы Windows, уязвимость приложений, сравнительная легкость маскировки зловредного кода под безобидное обновление или патч – так банкомат становится заманчивой добычей для электронного преступника. Службы безопасности банка, способные эффективно предотвратить угрозы физического взлома, порой совершенно бессильны против киберпреступлений, поскольку должным образом не оценивают вероятность и потенциал такой угрозы, а значит и не вооружаются эффективными практиками противодействия им.

Специалисты ассоциации АТМІА выработали список рекомендаций по обеспечению ИБ банкоматов, с основными положениями которого предложено ознакомиться ниже.

Новое руководство по защите ПО банкоматов от ассоциации АТМІА призвано помочь производителям банкоматов и банкам защитить банкомат от угроз ИБ. Среди авторов руководства – эксперты производителей банкоматов Diebold, NCR, Vantiv, Triton, Wincor Nixdorf, специалисты корпорации Microsoft и российского разработчика систем ИБ SafenSoft.

Обеспечение многоуровневой ИБ с использованием решений различных вендоров – главная рекомендация в контексте защиты от сложных угроз, особенно для банков.

Комплексная система информационной защиты банкомата, которая представлена в данной работе, включает комбинацию таких средств, как брандмауэры, средства защиты от вредоносного ПО и кибератак, средства контроля устройств и целостности системы, а также инструменты для обновления ПО и управления изменениями.

Локальный брандмауэр необходим банкоматам, взаимодействующим через совместную или внешнюю сеть. Настройка надлежащих правил автономного/терминального брандмауэра позволит предотвратить доступ вредоносных

программ в банкоматы. Брандмауэры могут внедряться в виде ПО как часть операционной среды банкомата либо на аппаратном устройстве, встроенном в банкомат или находящемся рядом с ним. Наиболее безопасны программные решения, поскольку для их взлома недостаточно физического доступа.

Банкоматы функционируют как обычные компьютеры и имеют интерфейсные порты. При возникновении потребности в доступе к банкомату (например, при обслуживании аппаратных средств подрядчиком), человек получает доступ и портам, а значит, может установить вредоносное ПО или получить несанкционированный доступ к системе. Инструменты контроля портов могут предотвратить подобный доступ, либо ограничить его определенным кругом пользователей, используя аутентификацию. Функцией защиты портов либо ограничения подключения внешних устройств (например, USB) могут обладать инструменты защиты терминала (брандмауэры) и средства противодействия вредоносному ПО.

Строгий и методичный контроль изменений – секрет грамотной установки исправлений и обновлений в средах, где такое значение имеют неприкосновенность данных, доступность сервиса и конфиденциальность. Чем больше ПО установлено на устройстве, тем больше исправлений потребуется.

Особое значение имеет процесс принятия решений о выборе нужных исправлений и определение важности их внедрения. В организации должен быть четкий набор критериев для принятия решений об исправлениях, особенно в части определения «исправлений, имеющих критическое значение для безопасности», по стандарту PCI DSS.

Рекомендуется определить стандартный цикл установки исправлений. Оптимальным сейчас считается ежемесячная установка, хотя некоторые операторы банкоматов используют и более жесткие графики. Цикл, длиннее квартала, принято считать слишком длинным на фоне постоянно меняющихся угроз.

Типичные решения, которые используются для защиты от инфицирования вирусами, предотвращения целевых атак и внедрения вредоносного кода, могут функционировать на основе парадигмы «черного списка» (запретительный принцип), либо «белого списка».

Квинтэссенцией принципа черного списка является утверждение «все, что не запрещено – разрешено». Типичные решения на основе черных списков – это антивирусы, запрещающие выполнение кода, который присутствует в базе данных вирусных сигнатур. Нередко антивирусы выбираются как наиболее привычное средство, без учета возможных недостатков и рисков. В качестве причин такого выбора часто называют их низкую стоимость, упоминание конкретного продукта в стандартах PCI DSS и удовлетворенность работой версий данного продукта для персональных компьютеров или корпоративных сетей.

Контраргументы совершенно очевидны: имеет смысл учесть не только стоимость лицензий, но и операционные расходы и ресурсы, которые требуются на обновление сигнатур, а также незащищенность банкомата от так называемых угроз «нулевого дня» (отсутствующих в сигнатурных базах данного вендора). Кроме того, стандарт безопасности PCI DSS также упоминает другие возможные варианты, например, основанные на белых списках. Если выбор средства защиты делается в пользу традиционного антивируса, то следует обязательно провести тщательное тестирование на его совместимость с ПО, установленным на банкомате, а также убедиться в минимальном влиянии на производительность операционной системы банкомата.

Решения, основанные на принципе белых списков допускают выполнение лишь тех приложений, которые в явном виде внесены в список разрешенных. Такие решения являются оптимальными для систем, не подверженных частым изменениям, а это как

раз и есть типичный случай информационной среды банкомата. В банкоматах конфигурация как аппаратной, так и программной части является типовой, набор ПО известен заранее, обновления и изменения вносятся редко, в строгом соответствии с утвержденными политиками.

Если безобидное приложение не внесено в белый список, то оно будет заблокировано наряду с опасными. По сравнению с антивирусами, решения на основе «белых списков» значительно компактнее и не нуждаются в частых обновлениях, т.е. потребляют меньше системных ресурсов и меньше влияют на производительность системы. Главным же их преимуществом является защита от новых угроз, в том числе целевых.

Решения на основе белых списков помогут:

- обеспечить дополнительный уровень защиты, закрыв те уязвимые места, против которых бессилён сетевой экран;
- обеспечить соответствие стандартам регулирующих органов;
- предотвратить риски, связанные с заражением из-за того, что вредоносный код содержится в программных обновлениях/патчах установленного на банкомате ПО, или замаскирован в загружаемом контенте.

Системы предотвращения вторжений на уровне хоста (HIPS – Host Intrusion Prevention system) являются хорошей альтернативой антивирусам, поскольку позволяют запускать только доверенных приложений и процессов, и исключают вероятность ложных срабатываний.

Также следует обратить внимание на инструменты, которые позволяют осуществлять контроль целостности операционной системы, исполняемых файлов, библиотек и драйверов. Они помогут усилить систему безопасности, блокируя выполнение недоверенного ПО, и допуская работу только тех приложений, которых имеют сертификат доверенного издателя ПО. Таким образом, вредоносное ПО не сможет быть запущено.

В работе были рассмотрены типичные компоненты комплексной системы ИБ банкомата.

Дополнительная ценность такой системы в том, что она не только позволяет обнаружить и пресечь атаки извне, но и поможет отследить неаккуратные или злонамеренные действия со стороны администраторов, что особенно важно в условиях возможной нескоординированности действий персонала в удаленных территориальных филиалах банка, а также невозможности контролировать сотрудников сторонних обслуживающих организаций.

Литература

1. Матвеевский В.Р. Надежность технических систем: учебное пособие. – М.: МГИЭМ, 2002. – 113 с.
2. Мамиконов А.Г., Кульба В.В., Шелков А.Б. Достоверность, защита и резервирование информации в АСУ. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 304 с.
3. Дюк В., Самойленко А. Data Mining. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2001. – 368 с.
4. Крошилин С.В., Медведева Е.И. Информационные технологии и системы в экономике: учебное пособие. – М.: ИПКИР, 2008. – 485 с.
5. Шахлевич А. Информационная безопасность банка // Финансовая газета. Региональный выпуск. – 2010. – № 29. – 7 с.
6. Р 78.36.035-2013. Рекомендации по организации комплексной централизованной охраны банковских устройств самообслуживания. – М.: НИЦ «Охрана», 2012. – 203 с.

УДК 004.056.2

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В ГЕТЕРОГЕННЫХ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИСТОЧНИКАХ ДАННЫХ****М.Ф. Исаева¹, М.Л. Глухарев¹****Научный руководитель – к.т.н. М.Л. Глухарев¹**¹Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

Работа содержит постановку задачи создания методики поддержки целостности информации в гетерогенных распределенных источниках данных для защиты данных от несанкционированной модификации при опосредованном доступе пользователей. Проанализированы определения термина «целостность», рассмотрены виды целостности. Представлен один из возможных способов построения моделей требований целостности.

Ключевые слова: базы данных, целостность информации, гетерогенные источники данных, активные правила, постреляционная база данных.

В настоящее время активно разрабатываются информационные системы с элементами интеллектуализации, в которых происходит не только обработка структурированных данных, но и семантическое моделирование различных предметных областей. При этом производится интеграция баз данных, использующих различные модели данных (реляционные, постреляционные, семантические и др.), а также происходит построение сложных распределенных источников. Следствием усложнения систем баз данных является возникновение новых угроз безопасности хранимой и обрабатываемой информации, в связи с чем вопросы защиты информации в системах баз данных требуют все более пристального внимания.

В ходе исследования данной проблемы была поставлена цель – устранить проблемы с опосредованным доступом к секретным данным в базах данных (БД), а также уменьшить риск образования канала утечки информации в БД. Для достижения поставленной цели была обозначена следующая задача – разработка методики поддержки целостности информации при опосредованном доступе субъектов к записям распределенной БД. Частными задачами исследования являлись разработка способа построения моделей требований целостности, которые рассмотрены как разновидность активных правил (метамодель целостности, которая охватывает несколько моделей данных), а также разработка методов реализации активных правил; разработка методов верификации.

Объектом исследования являлись гетерогенные источники данных (в частности постреляционные БД), предметом исследования являлось обеспечение целостности информации в БД.

Одним из вопросов обеспечения безопасности, который недостаточно глубоко рассмотрен в области информационной безопасности, является целостность информации. Сущностные отличия между различными моделями данных (в том числе касающиеся аспекта целостности) порождают проблему обеспечения и поддержки целостности информации на уровне гетерогенной постреляционной БД в целом [1].

В различных источниках целостность информации представлена рядом определений, из которых наиболее распространенными являются следующие. С одной стороны, целостностью называется способность средства вычислительной техники или автоматизированной системы обеспечивать неизменность информации в условиях случайного и (или) преднамеренного искажения (разрушения). С другой стороны, целостность информации – это состояние информации, при котором отсутствует любое ее изменение, либо изменение осуществляется только преднамеренно субъектами, имеющими на него право [2]. Оба приведенных определения говорят об одной и той же

проблеме, а именно о том, что изменить информацию преднамеренно можно только субъектам, имеющим на это право.

Для обеспечения данного свойства информации в БД применяются различные модели политики информации – формальное представление политики безопасности для определения системы или класса систем, выполняющих обработку, хранение, распространение и защиту информации.

К целостности формальное правило чаще всего определяет следующие требования:

- обеспечение защиты информации от нелегальных действий в процессе хранения, обработки и передачи (в отношении данных);
- отсутствие двойственности в работе системы (целостность системы).

Наряду с доступностью и конфиденциальностью, целостность должна обеспечивать безопасность информации в различных источниках данных.

Нарушение целостности приводит к тому, что пользователь во время работы с программной системой получает некорректную информацию о чем-либо, что оказывается источником серьезных проблем на производстве [3].

В БД должны быть обеспечены следующие варианты целостности.

1. Структурная целостность – ограничения, используемые при проектировании БД и накладываемые на ее структуру. Данный тип целостности имеет первостепенное значение для администрирования БД. Система управления базами данных (СУБД) использует внутренние структуры и указатели для поддержания объектов БД в соответствующем порядке. Если такие структуры повреждаются, то доступ к базе данных затрудняется.

Данный тип целостности присущ любому типу БД и обеспечивается при создании БД.

2. Семантическая целостность данных – свойство базы данных, регулирующее уникальность хранимых данных. Семантическая целостность имеет отношение к согласованности самих данных, т.е. со свойствами и процессами СУБД, которые могут использоваться для обеспечения точности и жизнеспособности содержимого БД.

3. Ссылочная целостность – это ограничение БД, гарантирующее, что ссылки между данными являются действительно правомерными и неповрежденными. Ссылочная целостность является фундаментальным принципом теории БД и проистекает из той идеи, что база данных должна не только сохранять данные, но и активно содействовать обеспечению их качества [4].

В первую очередь такая целостность характерна для реляционных БД, но на практике данное свойство является основой для любого типа БД. Для семантических БД такая целостность характерна, так как в них между объектами имеются связи, которые приводят к их взаимной зависимости. Но в настоящее время проблема ссылочной целостности на практике обеспечивается редко. Это связано с тем, что в связи с отсутствием в языках программирования соответствующих механизмов в программах данная целостность не поддерживается [2].

С точки зрения развития систем с элементами интеллектуализации следует рассматривать активные БД. Большинство информационных систем в том или ином виде реализует реагирование на события. Однако реагирование не обязательно полностью автоматизируется, оставляя те или иные функции за пользователем.

База данных называется активной, если система управления базой данных (СУАБД) по отношению к ней выполняет не только те действия, которые явно указывает пользователь, но и дополнительные действия в соответствии с правилами, заложенными в саму БД [5].

При этом СУАБД непрерывно отслеживает наступление определенных событий, реагируя на активность системы и пользователя, и отвечает на события путем вызова процедур, затрагивающих как саму базу данных, так и ее окружение. Для обеспечения реагирующего поведения СУАБД должна поддерживать соответствующие модели описания и выполнения правил.

Классическая модель описания активных правил основывается на правилах, которые содержат три компонента: «событие» (event), «условие» (condition) и «действие» (action). «Событие» описывает какое-либо событие, которое может произойти в СУБД или вне нее. «Условие» проверяет контекст, при котором событие произошло. «Действие» описывает процедуру, которая должна быть выполнена правилом, если соответствующее событие произошло и условие оказалось истинным.

Концепция активных баз данных (АБД) учитывает возможность наличия промежуточных элементарных событий, что означает принципиальную возможность полной проверки изменений, вносимых пользователями в логику обработки событий базы данных.

Активные правила используются в качестве обработчиков событий в активных БД и обеспечивают реагирование на события без необходимости в командах от внешнего приложения. Функциональность СУАБД включает проверку активных правил, позволяющую, в том числе выявлять конфликты правил, связанные с промежуточными элементарными событиями [5].

Таким образом, представляют интерес следующие задачи: разработка способа построения моделей требований целостности, которые будут рассматриваться как разновидность активных правил (метамодель целостности, охватывающая несколько моделей данных); разработка методов реализации активных правил, а также разработка методов верификации.

Литература

1. Глухарев М.Л., Исаева М.Ф. Современные модели, методы и средства обеспечения безопасности семантических баз данных // Интеллектуальные системы на транспорте: материалы V международной научно-практической конференции «ИнтеллектТранс-2015». – 2015. – С. 323–327.
2. Корниенко А.А. и др. Информационная безопасность и защита информации на железнодорожном транспорте: учебник: в 2 ч. / Под ред. А.А. Корниенко. – Ч. 2 Программно-аппаратные средства обеспечения информационной безопасности на железнодорожном транспорте. – 2014. – 448 с.
3. Vlaha M. A retrospective on industrial database reverse engineering projects – part 2 // Proc. Eighth Working Conference on Reverse Engineering. – 2001. – P. 147–153.
4. Глухарев М.Л. Методы и механизмы обеспечения информационной безопасности в СУБД «Microsoft SQL Server»: учеб. пособие по дисциплине «Безопасность систем баз данных». – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2010. – 46 с.
5. Шибанов С.В., Зудов А.Б. Проблемы построения правил в активных базах данных // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: междунар. сб. науч. трудов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – Ч. I. – С. 36–41.

УДК 004.045

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ДАННЫХ О ЦВЕТЕ И ЦВЕТОВЫХ СОЧЕТАНИЯХ ДЛЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ**О.В. Калёнова¹, Д.И. Муромцев¹**¹Университет ИТМО

В работе представлены результаты реализации разработанного метода представления мультимодальных данных о цвете и цветовых сочетаниях для решения задачи классификации. Дается формулировка задачи классификации и краткое изложение разработанного метода.

Ключевые слова: мультимодальные данные, цвет, цветовые сочетания, граф знаний, задача классификации.

Задача поиска данных с каждым годом становится все проще, а сами данные – все более доступны. Причиной этого является расширение списка и объема источников таких данных: Интернет, различные базы данных, различного рода датчики и многое другое. С другой стороны, информационный поиск в таком объеме становится менее связанным, например: поиск по изображениям не связан напрямую с поиском по аудиозаписям [1–4].

Одновременно с этим, анализ визуальных образов является важной частью как нашей повседневной жизни, так и профессиональной деятельности.

Исходя из этого, была сформулирована итоговая **цель работы**: иметь возможность связанного доступа к мультимодальным данным о цвете и цветовых сочетаниях. Для достижения поставленной цели, прежде всего, необходимо было разработать и реализовать метод, позволяющий корректно представлять мультимодальные данные о цвете и цветовых сочетаниях.

Мультимодальные данные представляют собой какие-либо конкретные данные о чем-либо, представленные в разных видах и форматах – модальностях. Среди источников исходных данных для модальностей могут выступать, например, схемы, графики, рисунки, видеозаписи, аудиозаписи. Все эти данные могут описывать какой-либо объект.

Все такие данные, получаемые разными путями, вызывают у нас ряд ассоциаций, которые строят так называемые ассоциативные цепи и ассоциативные сети. Ассоциативные цепи – закономерно возникающая последовательность связей между отдельными событиями, фактами, предметами или явлениями, отраженными в сознании индивида и закрепленными в его памяти.

Сходным ассоциативным сетям понятием является граф знаний. Граф знаний (Knowledge Graph) – семантическая технология и база знаний, для повышения качества своей поисковой системы с семантическо-розыскной информацией, собранной из различных источников.

Разработанный метод [5] представляется следующим образом. Вначале работы с методом у нас есть наборы данных разных модальностей одной предметной области, описывающие одни и те же объекты.

Согласно методу, прежде всего, выделим в каждом множестве данных отдельных модальностей гомогенные подмножества схожих объектов.

Далее необходимо отобразить полученные подмножества модальностей на единое результирующее множество. При этом необходимо задать правила отображения так, чтобы получить соответствия.

Для перехода от нечеткой логики к четкой можно использовать один из двух подходов:

1. дублировать такую группу на все необходимые группы других множеств;

2. объединять группы других множеств в макрогруппу, при общей необходимости включения неоднозначной группы, рис. 1.

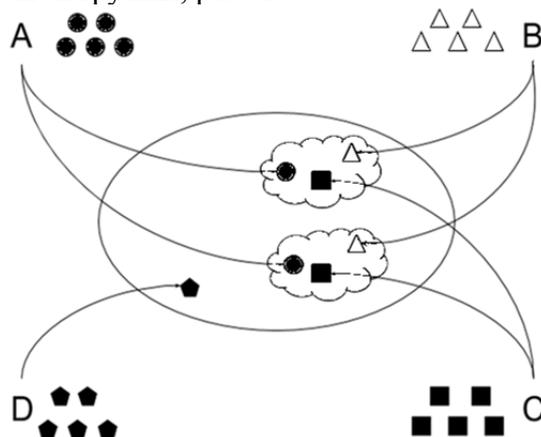


Рис. 1. Принцип переноса нечеткой логики в нотацию четкой с использованием макрогруппы

В результате использования метода, все данные отражены на единое множество, но в зависимости от наличия или отсутствия данных в определенных модальностях об объекте, могут получаться разные по наполненности элементы результирующего множества.

Классификация – формализованная задача, в которой имеется множество объектов, разделенных некоторым образом на классы. Для решения задачи классификации требуется реализовать алгоритм, способный классифицировать, т.е. отнести произвольный объект из исходного множества к классу, к которому он принадлежит.

Для реализации описанного алгоритма таким образом, чтобы была решена задача классификации, была предложена структурная схема, представленная на рис. 2.

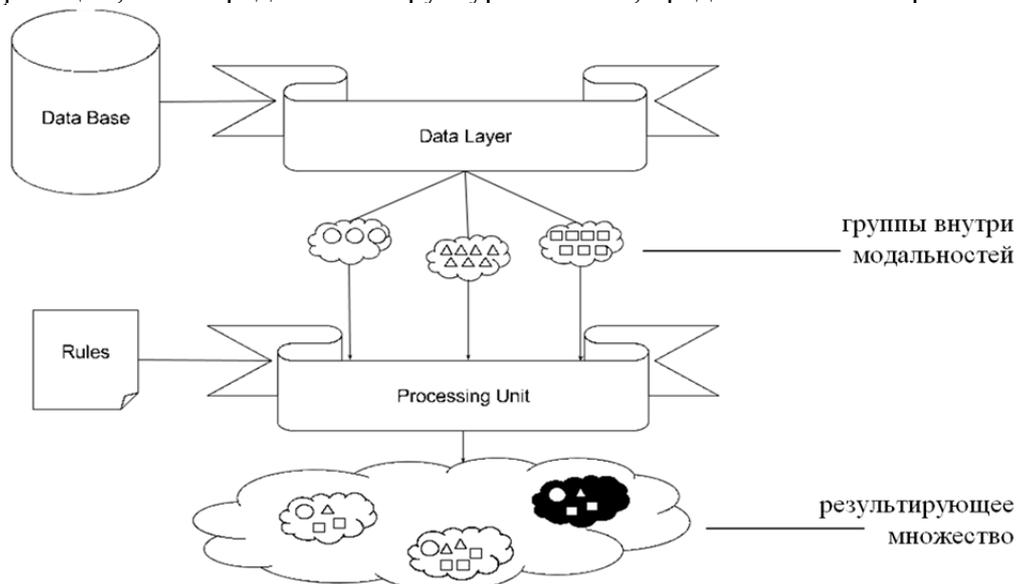


Рис. 2. Структурная схема системы реализации

На уровне работы с исходными данными (Data Layer) система получает данные из внешнего источника и преобразует их во внутреннее представление. Если формат позволяет, осуществляется группировка элементов по заданному максимальному отклонению. Это означает, что формируются такие группы, что разница между любыми элементами такого множества будет не больше, чем заданный заранее предел. Такие преобразования осуществляются для всех доступных модальностей, после чего данные передаются на следующий уровень.

На следующем уровне (Processing Unit) выполняется сопоставление групп разных модальностей согласно заданным заранее правилам (Rules). Следует заметить, что в зависимости от типа обрабатываемых данных можно задавать правила как самостоятельно, так и составлять их автоматически на основе методов машинного обучения.

Построенная реализация описываемой системы получает как результат своей работы на основе исходных данных объекты, описанные с позиции разных модальностей. Следовательно, связь между данными разных модальностей формируется в виде каких-либо объектов реального мира.

Таким образом, была получена реализация метода представления мультимодальных данных о цвете и цветовых сочетаниях для решения задачи классификации и получены результаты его применения, которые совпали с прогнозным, теоретическим результатом.

Литература

1. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. – Springer-Verlag, 2001. – 533 p.
2. Калёнова О.В. Проектирование онтологической модели цвета и цветовых сочетаний // Сб. трудов IV Всероссийского конгресса молодых ученых. – 2015. – С. 180–183.
3. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Методы и модели анализа данных OLAP и DataMining. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.
4. Poria S., Cambria E., Howard N., Huang G.-B., Hussain A. Fusing audio, visual and textual clues for sentiment analysis from multimodal content // Neurocomputing. – 2016. – V. 174. – P. 50–59.
5. Калёнова О.В., Муромцев Д.И. Метод представления мультимодальных данных о цвете и цветовых сочетаниях // Альманах научных работ молодых ученых XLV научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО. – 2016. – Т. 2. – С. 253–254.

УДК 65.011.65

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПРИМЕНЕНИЯ ТИПОВЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ЗАТРАТ ПРОЕКТА ВНЕДРЕНИЯ ВРМ

Д.М. Калязина¹

Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.О. Артемова¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрен типовой проект внедрения информационных систем класса ВРМ. Выдвинута гипотеза о возможном сокращении издержек с помощью разработки типового проектного решения для подсистемы организационного обеспечения. Проведено сравнение издержек на проведение проекта с унифицированным типовым проектным решением в части организационного обеспечения и без него, при анализе применялись диаграммы Ганта. Также были предложены варианты оптимизации типового проекта.

Ключевые слова: типовое проектное решение (ТПР); типовой проект (ТП), информационная система (ИС); подсистема организационного обеспечения; ВРМС; ВРМ.

Сфера информационных технологий (ИТ) – изменчивая и совершенствующаяся среда. Новые классы систем, программное обеспечение постоянно появляются и развиваются стремительно. ИТ тесно связаны с управлением компанией, поэтому ставший в последнее время популярным процессный подход нашел отражение в возникновении нового класса систем – ВРМ (Business Process Management). Концепция была дополнена появлением информационных систем – ВРМС (Business Process Management Suit) [1, С. 130].

За рубежом консалтинговые компании, такие как IDC, Software AG, BonitaSoft, BizAgi давно занимаются проектами внедрения и имеют готовые типовые решения в этой области. Для Российской Федерации – это новое направление, которым только начинают интересоваться. На данный момент компании «Финэксперт», «Бизнес-Консоль», «ELMA», «Terrasoft», «Business Studio», предлагающие внедрение BPM в нашей стране, применяют свои разработки, которые не всегда являются эффективными, поэтому риск провала проекта и издержки на его проведение возрастают. Создавшаяся ситуация стандартна в начале работы с любой новой информационной системой (ИС).

Была выдвинута гипотеза, что сократить риски и издержки можно с помощью разработки унифицированного типового проектного решения (ТПР) организационного обеспечения.

Целью работы являлась проверка возможности оптимизации проекта внедрения ИС BPM с помощью ТПР организационного обеспечения, а также разработка готового ТПР и материалов для переподготовки сотрудников для сокращения издержек и снижения риска провала проекта.

Объект исследования представлял собой проект внедрения BPMS.

Предмет – разработка ТПР подсистемы организационного обеспечения BPM-системы, подготовка учебных материалов для обучения персонала.

В ходе работы было проведено всестороннее исследование:

- рассмотрен типовой проект внедрения BPMS от компании «Бизнес-Консоль»;
- выявлены основные требования и особенности создания подсистемы организационного обеспечения;
- определено место подсистемы организационного обеспечения в проекте внедрения;
- дана оценка каждому этапу проекта, представлена экономическая выгода ТПР организационного обеспечения в проектах внедрения BPM-систем;
- произведен выбор ИС по критериям, с применением метода экспертных оценок;
- проанализированы открытые материалы для переподготовки сотрудников, которые на данный момент используются при внедрении ИС BPM.

Был рассмотрен типовой проект BPM от компании «Бизнес-Консоль».

Он включает в себя следующие этапы:

1. предпроектный этап:
 - экспресс-анализ бизнес-процессов;
 - демонстрационный пилот;
2. апробация и принятие решения;
3. основной проект:
 - развертывание и освоение BPMS;
 - продуктивный пилот;
 - развитие системы.

Переподготовка персонала осуществляется силами компании-исполнителя. Работа консультантов может оплачиваться фиксировано за каждый этап проекта и проделанную в определенные сроки работу (Fixed price) или повременно, например, за каждый час (Time work). На данный момент для российских компаний ставка IT-консультанта за один человеко-день колеблется от 200 до 400 у.е.

Допустим, что в данном случае человеко-день равен 250 у.е. Следовательно, при 8-часовом рабочем дне оплата труда за один час составит 31,25 у.е. Обучение сотрудников согласно ТП компании «Бизнес-консоль» проводится дважды: в течение 7 дней на этапе «Апробация и принятие решения» и во время «Основного проекта» на стадии «Развертывание и освоение BPMS», занимающей 30 дней. Таким образом, за 37 дней оказания консультационных услуг одному специалисту компания-заказчик должна выплатить 9250 у.е. Несмотря на то, что часть работ не относится непосредственно к обучению персонала, из детализации этапов на рис. 1 и 2 видно, что 25 дней будут так

или иначе связаны с подсистемой организационного обеспечения.

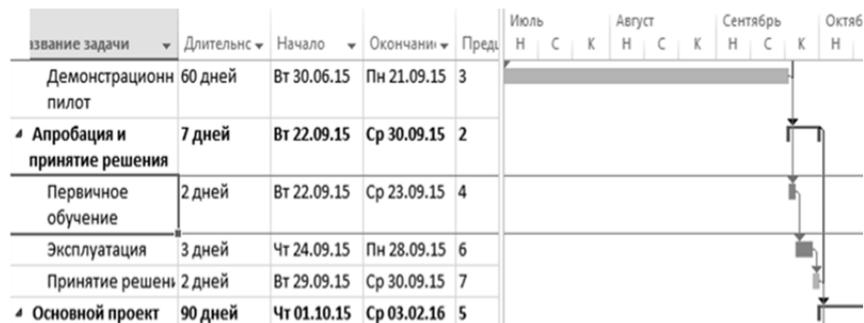


Рис. 1. Детализация этапа «Апробация и принятие решения»

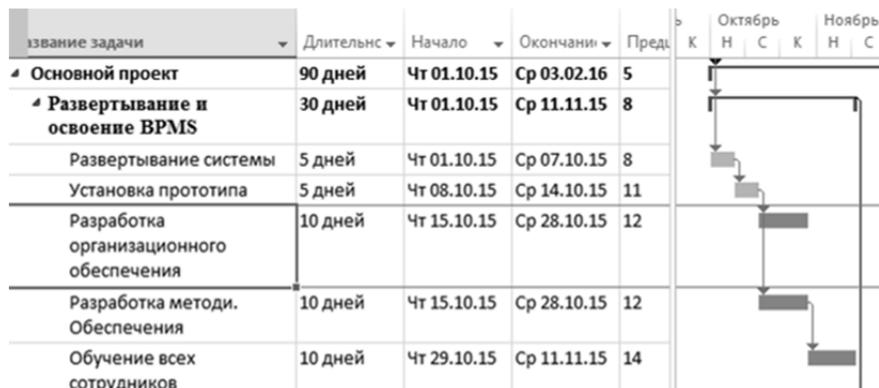


Рис. 2. Детализация этапа «Развертывание и освоение ВРМС»

На работы «Первичное обучение», «Эксплуатация», «Разработка методического обеспечения», «Разработка организационного обеспечения», «Обучение всех сотрудников» потребуется 6250 у.е.

На взгляд авторов, готовое ТПР в части организационного обеспечения могло бы не только сократить такие издержки, но и повысить качество исполнения этой части типового проекта.

Кроме приведенных «узких» мест, связанных с подсистемой организационного обеспечения, возможны и изменения в самих этапах проекта. Например, корректировки в таких частях, как: «Апробация и принятие решения», «Демонстрационный пилот».

Продолжительность этапа «Демонстрационный пилот» составляет 60 дней. Если предположить, что команда проекта воспользуется готовым иллюстративным процессом, и не будет разрабатывать прототип системы на примере бизнес-процесса компании, то временные, трудовые и финансовые издержки на этот этап типового проекта могут быть сведены к минимуму.

Готовый процесс также можно применять и на этапе «Апробация и принятие решения». В данный момент большая часть времени уделяется опытной эксплуатации, по окончании которой руководитель принимает решение о внедрении ВРМС на всем предприятии. При использовании типовой заготовки нет необходимости проводить эксплуатацию, достаточно детально рассмотреть и проанализировать иллюстративный процесс.

Таким образом, недостатком данного ТП внедрения ИС класса ВРМ является длительное выполнение некоторых этапов и работ, отсутствие иллюстративных типовых процессов.

На текущий момент не создано унифицированное ТПР для подсистемы организационного обеспечения ВРМ. Следовательно, при ее разработке повышаются материальные издержки компании-заказчика, а также возрастают общие затраты как временные, так и трудовые.

Следующим этапом работ стал ряд предложений по оптимизации ТП.

«Узкие» места, связанные с переподготовкой сотрудников и организационной подсистемой в целом, могут быть устранены с помощью ТПР.

При наличии ТПР нет необходимости тратить 10 дней на разработку методического и организационного обеспечения, которые потребуются для дальнейшей работы с сотрудниками. Достаточно провести небольшие корректировки ТПР и начать обучение персонала. Следует отметить, что при составлении программы обучения потребуется индивидуальный подход к различным группам пользователей, особые материалы для их переподготовки. В таком случае эта часть проекта будет проходить значительно быстрее и эффективнее.

В целом «Основной проект» займет 75 дней, что на 15 дней меньше, чем в ТП «Бизнес-Консоль». Для подзадачи «Развертывание и освоение ВРМС» понадобится половина того времени, которое затрачивалось ранее.

В материальном выражении стоимость таких работ уменьшится на 5000 у.е., т.е. в 5 раз. Во временном – на 20 дней и также составит 5 раз. За 5 дней оказания услуг, связанных с подсистемой организационного обеспечения, заказчику нужно заплатить 1250 у.е.

Кроме разработки типового проектного решения имеются и другие способы оптимизации проекта.

Одним из вариантов усовершенствования является исключение опытной эксплуатации процесса из этапа «Апробация и принятие решения». По нашему мнению, достаточно презентовать разработанный прототип лицу, принимающему решения (ЛПР), от чьего мнения зависит запуск основного проекта. Чаще всего, это генеральный директор или руководитель фирмы. Также возможно вовлечение сотрудников, занимающих ключевые позиции в компании заказчика. При их участии можно обсудить итоги пилотного проекта более детально и предотвратить противодействие, неприятие новых идей, если таковое проявится. В свою очередь, время проведения работ на стадии может сократиться на 5 дней.

Также необходимо проанализировать целесообразность доведения разработанного прототипа до уровня промышленной системы. В некоторых случаях достаточно, чтобы он послужил наглядным примером применения ВРМ для автоматизации бизнес-процессов компании.

Еще одной возможностью сокращения издержек представляет собой полный отказ от демонстрационного пилота.

В этой ситуации фирма-консультант описывает бизнес-процессы заказчика, но презентует уже готовый, детально проработанный процесс, актуальный для сферы деятельности компании. Тем самым в предпроектном этапе остается лишь работа по описанию процессов. Такой вариант возможен в отраслях, где бизнес-процессы разных организаций отличаются друг от друга минимально и имеют много общего. Для ВРМ такими сферами являются: банковская сфера, нефтегазовая отрасль и рынок связи и телекоммуникаций.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что типовой проект для ВРМС, разработанный компанией «Бизнес-Консоль» можно применять на практике и без внесения изменений. Однако в зависимости от уровня сложности проекта, объекта автоматизации и прочих факторов можно вносить корректировки или отказываться от некоторых этапов, работ проекта. Приведенные варианты оптимизации проекта в некоторой степени могут положительно повлиять на ведение проекта, но без проработанных подсистем, в том числе и в организационной части, это не даст существенного результата. Применение ТПР напротив значительно упрощает внедрение ИС, дает возможность сократить издержки. В материальном и временном выражении в 5 раз. В результате проведенных работ были подготовлены три схемы

диаграммы Ганта. В первом случае оценивался проект внедрения без применения ТПР, на второй схеме был представлен вариант с применением готового ТПР в части организационного обеспечения, третья схема иллюстрировала использование готового демонстрационного процесса на таких этапах проекта, как «Демонстрационный пилот» и «Апробация и принятие решения».

Также были созданы материалы и программы обучения для разных видов пользователей (исполнителей, инициаторов, бизнес-аналитиков, владельцев процесса) [2].

Апробация проходила в Санкт-Петербургском филиале Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. Учебные разработки использовались при подготовке студентов специальности «Бизнес-информатика» второго и третьего курсов, программа рассчитана на 8 часов теоретических и практических занятий. В обучении применялось выбранное по критериям с помощью метода экспертных оценок программное обеспечение Runa Work Flow Engine [3].

В дальнейшем планируется разработка референтных моделей для банковской сферы.

Литература

1. Соколов Н.Е., Соколова Е.В. Вопросы применения процессного подхода в совершенствовании управления качеством современного вуза // Сб. «Управление качеством в образовательных учреждениях и научных организациях». – 2013. – С. 129–133.
2. Калязина Д.М., Федорова А.Е. Обоснование возможности применения BPM систем для высших учебных заведений // Проблемы инновационного развития Российской Федерации. Материалы III международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 42–45.
3. Калязина Д.М. Разработка подсистемы организационного обеспечения информационной системы управления бизнес-процессами (на примере ИС RUNA WFE) // Сб. трудов VII Международной научно-практической конференции. Северо-Западный институт управления РАНХиГС при Президенте РФ. – 2015. – С. 173–175.

УДК 520.2.03; 531.396; 520.2.062

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЮСТИРОВКИ СОСТАВНЫХ ЗЕРКАЛ

М.А. Камалова¹

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Демин¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрены проблемы юстировки составных зеркал высокоапертурных зеркально-линзовых телескопов, при помощи которых возможно проводить исследования бесконечно удаленных объектов. Предложена компьютерно-ориентировочная модель оценки разностной поверхности сегментированной зеркальной поверхности.

Ключевые слова: составное зеркало, высокоапертурные телескопы, оценка разностной поверхности, минимизация разностной поверхности.

Введение. В настоящее время астрономические изучения просят увеличения проникающей силы и разрешающей возможности телескопов, что достигается путем создания высокоапертурных приборов, т.е. телескопов с большими увеличениями и с большим диаметром входного зрачка. Многие исследования могут быть проведены только при помощи прибора, имеющего диаметр входного зрачка более 10 м. Строительство крупногабаритных высокоапертурных зеркально-линзовых телескопов является одной из важных проблем сегодняшнего дня, так как оно позволяет повысить

информационные способности космических систем дистанционного зондирования поверхности Земли и обеспечивает расширение объема астрофизических исследований, которые обеспечивают нас представлениями об окружающем мире.

Проблемы создания многозональных высокоапертурных телескопов – уменьшение поверхностной плотности главного зеркала как основного массогабаритного компонента оптической системы телескопа и массо-габаритные ограничения, накладываемые системой в процессе эксплуатации телескопа. Решение этих проблем достигается конструкторско-технологической реализацией телескопа, и в частности, главного зеркала. Применение технологии облегченных зеркал позволяет создавать главные зеркала телескопов с приемлемым значением поверхностной плотности. В этой связи наиболее перспективно создание зеркал в крупногабаритных космических телескопах по технологии сегментированных отражающих поверхностей. Таким образом, разработка и исследование математической модели юстировки составных зеркал является актуальной задачей.

Математическая модель оценки разностной поверхности. Реальная отражающая поверхность сегментированного зеркала по качеству изображения практически будет отличаться от не сегментированной отражающей поверхности [1–5]. Обеспечение требуемого качества изображения в телескопе с главным зеркалом, выполненным как составное, достигается юстировкой его зеркальных сегментов.

Поверхность отличия сегментированной зеркальной поверхности (СП) от расчетной базовой поверхностью (БП) определяется как разностная $Z_{\delta}^{(m)}(x, y)$, которая представима следующим уравнением:

$$Z_{\delta}^{(m)}(x, y) = F(x_{\text{БП}}^n + y_{\text{БП}}^n) - F(x_{\text{СП}}^n + y_{\text{СП}}^n), \quad (1)$$

где m – порядок разностной поверхности, а n – порядок БП и СП.

Идентичность СП и БП возможна при $m=n$ и совпадением вершин этих поверхностей, что достигается юстировкой зеркальных сегментов. В этой связи **целью работы** являлась разработка математической модели юстировки сегментированной отражающей поверхности.

В прикладной оптике принято рассматривать два типа оптических поверхностей – это обычные и торические поверхности. Отражающая поверхность зеркал – это обычные поверхности второго порядка (сфера; гиперболоид; параболоид; эллипсоид), обладающие симметрией вращения относительно оси, проходящей через его вершину. Общее уравнение такой поверхности в системе координат XOZ (начало совмещено с вершиной зеркала, ось OZ совмещена с осью симметрии поверхности вращения и оптической осью зеркала) представлено в формуле:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(x, y) = \left\{ \frac{\frac{x^2}{R_x} + \frac{y^2}{R_y}}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_x) \times \left(\frac{x}{R_x}\right)^2 - (1 + K_y) \times \left(\frac{y}{R_y}\right)^2}} \right\} \\ K_x = \frac{R_x}{C_x} - 1; K_y = \frac{R_y}{C_y} - 1, \end{array} \right. \quad (2)$$

где x и y – текущие координаты в системе координат XYZ ; R_x и R_y – радиусы кривизны в плоскостях XOZ и YOZ ; C_x и C_y – константы [ISO10110-12:1996(E)].

Разностная поверхность $Z_{\delta}^{(m)}(x, y)$ может быть представлена соотношением (3).

Основной задачей, решаемой при создании крупногабаритных сегментированных

зеркал, является минимизация $Z_{\delta}^{(m)}(x, y)$, а именно должно выполняться следующее условие:

$$Z_{\delta}^{(m)}(x, y) \xrightarrow{x_{СП} \rightarrow x_{БП}; y_{СП} \rightarrow y_{БП}} 0, \quad (3)$$

где $x_{БП}$, $y_{БП}$ и $x_{СП}$, $y_{СП}$ – текущие координаты в системе координат XYZ соответственно для БП и СП; $R_{БПx}$ и $R_{БПy}$, $R_{СПx}$ и $R_{СПy}$ – радиусы кривизны в плоскостях XOZ и YOZ соответственно для БП и СП; $C_{БПx}$ и $C_{БПy}$, $C_{СПx}$ и $C_{СПy}$ – константы, которые должны быть равны, так как тип поверхности один и тот же.

Пространственное положение зеркальных сегментов относительно БП определяется касательной плоскостью к вершине отражающей поверхности сегмента и нормалью к ней, пересекающиеся в одной точке на оптической оси зеркала, т.е. на оси OZ . Уравнение касательной плоскости к точке O_i , т.е. к вершине поверхности i -го зеркального сегмента и уравнение нормали к ней представлены формулами (4) и (5).

$$(z - z_{СПi}) = \left(\frac{\partial z}{\partial x_{СПi}} \right) \times (x - x_{СПi}) + \left(\frac{\partial z}{\partial y_{СПi}} \right) \times (y - y_{СПi}) \quad (4)$$

$$\frac{z - z_{СПi}}{-1} = \frac{x - x_{СПi}}{\left(\frac{\partial z}{\partial x_{СПi}} \right)} = \frac{y - y_{СПi}}{\left(\frac{\partial z}{\partial y_{СПi}} \right)}. \quad (5)$$

Выполнение условия (5) возможно при реализации в процессе сборки СП зеркала операций геометрического и оптотехнического позиционирования зеркальных сегментов относительно БП. При этом необходимо, чтобы каждый сегмент обладал не менее чем пятью степенями свободы – три линейных подвижки, обеспечивающие выполнение операции геометрического позиционирования, и две или три угловых подвижки, обеспечивающие выполнение операции оптотехнического позиционирования. Математическая модель геометрического позиционирования N зеркальных сегментов отображает их пространственное положение относительно расчетной БП, а именно положение вектора позиционируемого i -го сегмента относительно расчетного вектора для этого же i -го сегмента, но на БП $\mathbf{S}_{СПi} = (x_{СПi}; y_{СПi}; z_{СПi})$. Условием правильного геометрического позиционирования зеркального сегмента является то, что вектора $\mathbf{O}_{СПi} \mathbf{Z}_{СПi}$ и $\mathbf{O}_{БПi} \mathbf{Z}_{БПi}$ должны быть коллинеарные и пересекаться в одной расчетной точке на оси OZ , (для сферической БП – это центр ее кривизны), соответственно и касательные плоскости $\mathbf{X}_{СПi} \mathbf{Y}_{СПi}$ и $\mathbf{X}_{БПi} \mathbf{Y}_{БПi}$ также коллинеарные. Таким образом, математическая модель, отражающая условие (3), может быть представлена в виде векторного произведения в соответствии с формулой (6)

$$\left[\mathbf{O}_{СПi} \mathbf{X}_{СПi} \times \mathbf{O}_{СПi} \mathbf{Y}_{СПi} \right]_{i=1}^N \times \left[\mathbf{O}_{БПi} \mathbf{X}_{БПi} \times \mathbf{O}_{БПi} \mathbf{Y}_{БПi} \right]_{i=1}^N = 0. \quad (6)$$

В основе геометрического позиционирования зеркальных сегментов относительно расчетной базовой поверхности лежит алгоритм последовательной технической и метрологической реализации модели (6). Технологическая карта реализации этой модели определяется технологическим и метрологическим обеспечением процесса, т.е. возможны вариации последовательности и параллелизации выполнения операций.

Известно, что при падении на зеркало плоской волны профиль отраженной волны повторяет профиль его отражающей поверхности, тем самым условием правильного оптотехнического позиционирования зеркального сегмента относительно БП является минимизация разности волновых фронтов [1], т.е.

$$(W_{БПi0} - W_{СПi0}) \xrightarrow{\delta g_{СПi0} \rightarrow \delta g_{БПi0}} 0. \quad (7)$$

В этой связи уравнение разностной поверхности $Z_{\delta}^{(m)}(x, y)$ относительно сферы сравнения радиусом $R_{СФ}$, являющаяся математической моделью оптотехнического

позиционирования примет вид:

$$Z_8^{(m)}(x, y) = \left\{ \frac{x_{\text{БП}i}^2 + y_{\text{БП}i}^2}{R_{\text{сф}} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{x_{\text{БП}i}^2 + y_{\text{БП}i}^2}{R_{\text{сф}}^2} \right)} \right)} - \frac{\frac{x_{\text{СП}i}^2}{R_{xi}} + \frac{y_{\text{СП}i}^2}{R_{yi}}}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_{\text{СП}xi}) \times \left(\frac{x_{\text{СП}i}}{R_{\text{СП}xi}} \right)^2 - (1 + K_{\text{СП}yi}) \times \left(\frac{y_{\text{СП}i}}{R_{\text{СП}yi}} \right)^2}} \right\}^N \quad (8)$$

Координата z базовой поверхности текущего сегмента вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{БП}}(i) = \frac{X_{\text{БП}}^2(i) + Y_{\text{БП}}^2(i)}{R_{\text{сф}} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{X_{\text{БП}}^2(i) + Y_{\text{БП}}^2(i)}{R_{\text{сф}}^2}} \right)}, \quad (9)$$

где $X_{\text{БП}}(i)$, $Y_{\text{БП}}(i)$, $Z_{\text{БП}}(i)$ – координаты x , y и z соответственно базовой поверхности сегмента с номером i ; $R_{\text{сф}}$ – радиус сферы; c – центр отсчета радиусов.

Координата z сегментированной поверхности текущего сегмента вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{СП}}(i) = \frac{\frac{X_{\text{СП}}^2(i) + Y_{\text{СП}}^2(i)}{R_{\text{СП}x}} + \frac{Y_{\text{СП}}^2(i)}{R_{\text{СП}y}}}{\left(1 + \sqrt{1 - (1 + K_{\text{СП}x}) \left(\frac{X_{\text{СП}}(i)}{R_{\text{СП}x}} \right)^2 - (1 + K_{\text{СП}y}) \left(\frac{Y_{\text{СП}}(i)}{R_{\text{СП}y}} \right)^2} \right)}, \quad (10)$$

где $X_{\text{СП}}(i)$, $Y_{\text{СП}}(i)$, $Z_{\text{СП}}(i)$ – координаты x , y и z соответственно сегментированной поверхности сегмента с номером i ; $K_{\text{СП}x} = R_{\text{СП}x} / C_{\text{СП}x} - 1$; $K_{\text{СП}y} = R_{\text{СП}y} / C_{\text{СП}y} - 1$; $R_{\text{СП}x}$ и $R_{\text{СП}y}$ – радиусы кривизны в плоскости XOZ и YOZ соответственно; $C_{\text{СП}x}$ и $C_{\text{СП}y}$ – центры отсчета радиусов кривизны в плоскости XOZ и YOZ соответственно.

Координаты разностной поверхности текущего сегмента вычисляется по формулам:

$$\begin{aligned} X_{\text{РП}}(i) &= X_{\text{БП}}(i) - X_{\text{СП}}(i), \\ Y_{\text{РП}}(i) &= Y_{\text{БП}}(i) - Y_{\text{СП}}(i), \\ Z_{\text{РП}}(i) &= Z_{\text{БП}}(i) - Z_{\text{СП}}(i), \end{aligned}$$

где $X_{\text{РП}}(i)$, $Y_{\text{РП}}(i)$, $Z_{\text{РП}}(i)$ – координаты x , y и z соответственно разностной поверхности сегмента с номером i [3].

Моделирование базовой поверхности происходит с помощью формул:

$$\begin{aligned} X_{\text{БП}}^* &= R_{\text{сф}} \sin \theta \cos \varphi, \\ Y_{\text{БП}}^* &= R_{\text{сф}} \sin \theta \sin \varphi, \\ Z_{\text{БП}}^* &= R_{\text{сф}} \cos \theta + c, \end{aligned}$$

где $\theta \in [0, \pi]$, $\varphi \in [0, 2\pi]$, $X_{\text{БП}}^*$, $Y_{\text{БП}}^*$, $Z_{\text{БП}}^*$ – теоретические координаты x , y и z соответственно базовой поверхности.

Моделирование сегментированной поверхности происходит с помощью формул:

$$\begin{aligned} X_{\text{СП}}^* &= \frac{\max(X_{\text{СП}}(i) + Y_{\text{СП}}(i)) - \min(X_{\text{СП}}(i) + Y_{\text{СП}}(i))}{2} \sin \theta \cos \varphi, \\ Y_{\text{СП}}^* &= \frac{\max(X_{\text{СП}}(i) + Y_{\text{СП}}(i)) - \min(X_{\text{СП}}(i) + Y_{\text{СП}}(i))}{2} \sin \theta \sin \varphi, \\ Z_{\text{СП}}^* &= \max(Z_{\text{СП}}) \cos \theta + \max(Z_{\text{СП}}), \end{aligned}$$

где $\theta \in [0, \pi]$, $\varphi \in [0, 2\pi]$, $X_{\text{СП}}^*$, $Y_{\text{СП}}^*$, $Z_{\text{СП}}^*$ – теоретические координаты x , y и z соответственно сегментированной поверхности [3].

Моделирование разностной поверхности, учитывая формулу (9), происходит по следующим формулам:

$$\begin{aligned} X_{\text{РП}}^* &= X_{\text{БП}}^* - X_{\text{СП}}^*, \\ Y_{\text{РП}}^* &= Y_{\text{БП}}^* - Y_{\text{СП}}^*, \\ Z_{\text{РП}}^* &= Z_{\text{БП}}^* - Z_{\text{СП}}^*, \end{aligned}$$

где X_{RP}^* , Y_{RP}^* , Z_{RP}^* – теоретические координаты x , y и z соответственно разностной поверхности.

Данные для базовой поверхности взяты для полусферы радиусом 5 м, с центром в точке (0 0 5), с учетом формы сегментов – шестиугольник. Все данные для поверхностей приведены для 19 сегментов. Данные для сегментированной поверхности брались аналогично данным для базовой поверхности, но на втором уровне сегментов сделано отклонение на 0,1 м по координатам x и y , и на 0,05 м по радиусу кривизны от базовой поверхности. А на третьем уровне сегментов сделано отклонение на 0,2 м по координатам x и y , и на 0,1 м по радиусу кривизны от базовой поверхности.

В ходе эксперимента были получены графики моделей базовой и сегментированной поверхности, которые представлены на рис. 1, а их наложение на рис. 2, а.

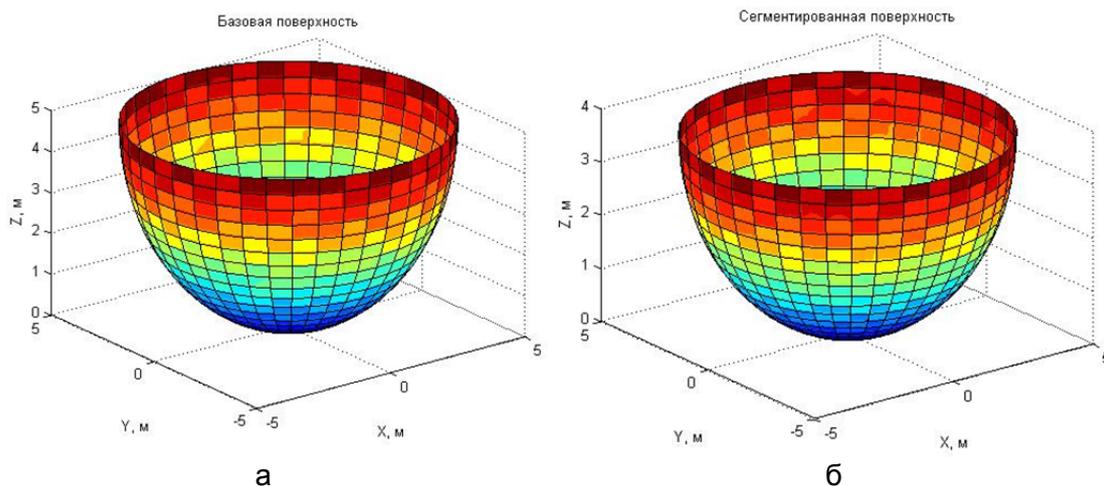


Рис. 1. График базовой поверхности, полученный по исходным данным (а); график сегментированной поверхности, полученный по исходным данным (б)

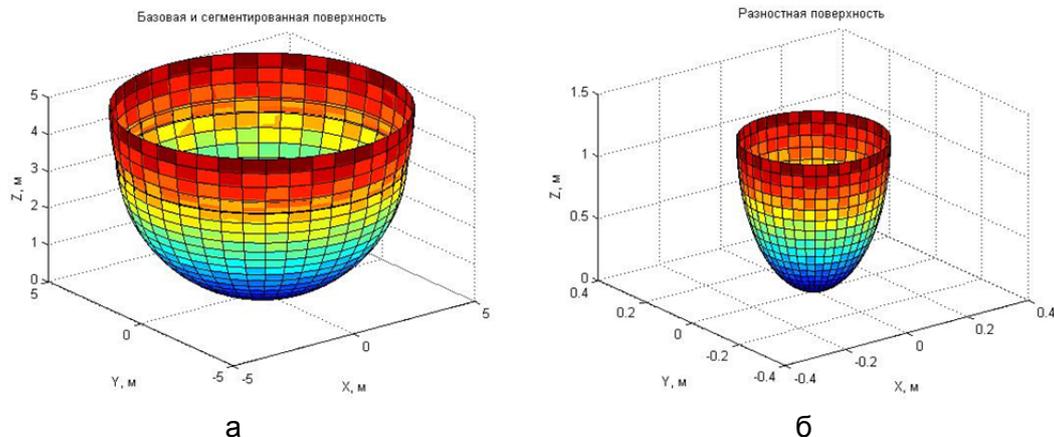


Рис. 2. График сегментированной поверхности, наложенной на базовую (а); график разностной поверхности (б)

По рис. 1 видно, что базовая поверхность – это полусфера, а сегментированная – эллипсоид вращения. Таким образом, разностная поверхность, полученная вычитанием сегментированной поверхности из базовой, также эллипсоид вращения, что и видно на рис. 2, б.

Исходя из рис. 3 можно сказать, что наблюдаются anomalously высокие значения разностной поверхности (по координате z) для сегмента с номерами 8, 11, 14 и 17. Это может свидетельствовать о некорректных данных для этих сегментов. В данном случае – о слишком большом отклонении радиуса кривизны сегментированной поверхности от радиуса кривизны базовой поверхности для положения центра этих сегментов. Таким образом, базовая поверхность оказалась более вытянутая по оси OZ , чем сегментированная.

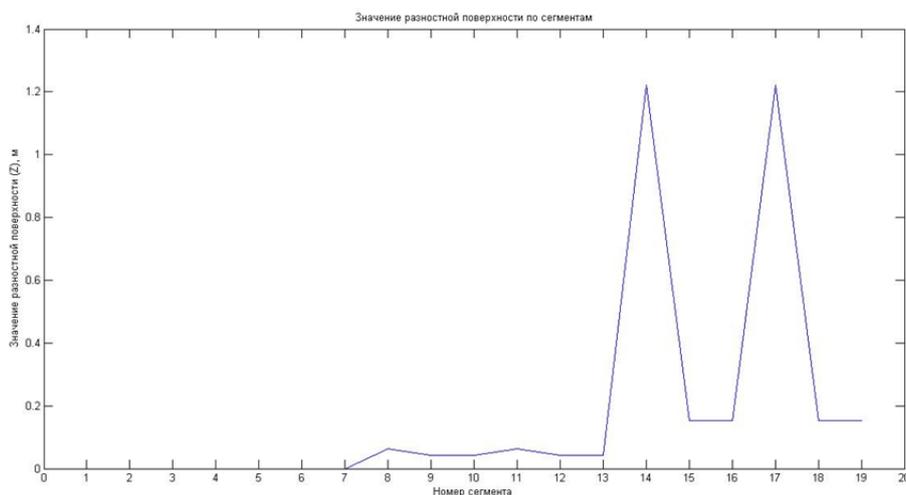


Рис. 3. График значений разностной поверхности (по координате z) по каждому сегменту

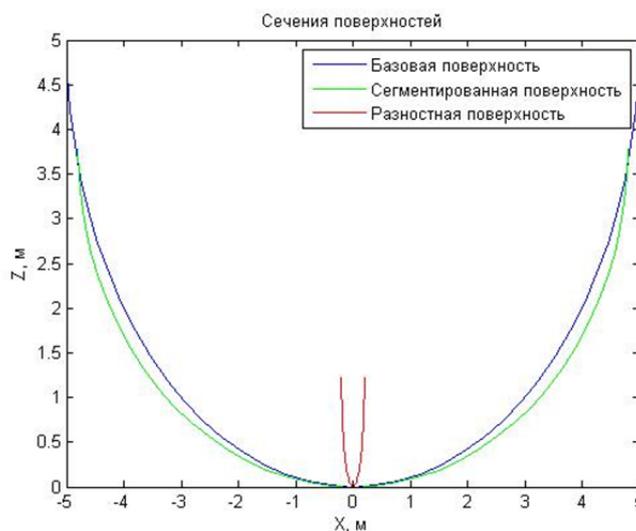


Рис. 4. График сечений базовой, сегментированной и разностной поверхностей

Аналогичные выводы можно получить из рис. 4. Так, базовая поверхность в сечении образует параболу с максимальным значением x и y , равным 5 м. В свою очередь, сегментированная и разностная поверхности также в сечении образуют параболу, но их максимальные значения x и y не совпадают. Это подтверждает, что базовая поверхность – это полусфера, а сегментированная и разностная поверхности – эллипсоиды вращения.

Как результат этого сумма значений разностной поверхности (по координате z) составила, исходя из данных, 3,343842 м, а максимальное отклонение сегментированной поверхности от базовой – 1,2 м. При этом доля аномально высоких значений в данной сумме составляет 75,52%. Если скорректировать данные «выколов», то сумма значений (по координате z) разностной поверхности составит всего 0,8186 м, а максимальное отклонение сегментированной поверхности от базовой – 0,1527 м, что относительно неплохо при количестве сегментов, равном 19 и радиусе базовой поверхности 5 м, так как соотношение максимального отклонения сегментированной поверхности от базовой к радиусу базовой поверхности составит всего лишь 0,0305 или 3,05%.

Заключение. В данной работе рассмотрена проблема обеспечения качества изображения оптических систем с составными зеркалами в режиме эксплуатации и приведена математическая модель юстировки составных зеркал высокоапертурных телескопов, была разработана программа для оценки юстировки составных зеркал, т.е. построена компьютерно-ориентировочная модель оценки разностной поверхности, которая имеет важность в управлении телескопов в режиме эксплуатации.

Литература

1. Демин А.В., Менделеева Л.М. Алгоритм юстировки составных зеркал высокоапертурных телескопов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 1. – С. 51–57.
2. Александров П.С. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры. – М.: Наука, 1979. – 512 с.
3. Демин А.В., Ковалев И.А. Алгоритм управления составным зеркалом в режиме эксплуатации // Вопросы радиоэлектроники. Серия. Техника телевидения. – 2014. – № 2. – С. 88–91.
4. Демин А.В., Денисов А.В., Летуновский А.В. Оптико-цифровые системы и комплексы космического назначения // Изв. вузов. Приборостроение. – 2010. – Т. 53. – № 3. – С. 51–60.
5. Родионов С.А. и др. Проблемы апертурного синтеза // Оптический журнал. – 1995. – № 10. – С. 17–25.

UDC 004.942

EFFECT OF SENSORS ERROR MODEL COMPONENTS ON SINS OUTPUT PARAMETERS ACCURACY

E.A. Kislitsina¹, E.V. Dranitsyna¹

Research supervisor – PhD, Assistant Professor Y.V. Ryabukhina¹

¹ITMO University

The work is dedicated to the question of increasing strapdown inertial system output parameters accuracy with the help of a sensors error model and development of the requirements for the included error model components. For the estimation of the influence of each error model component on the system output data the graphical programming environment MatLab Simulink was applied. An analysis of the simulation results was performed.

Key words: strapdown inertial navigation system, inertial navigation, fiber optic gyroscope, angular rate sensor, output parameter precision, error model, data accuracy, Simulink analysis.

Introduction. The development of the requirements for the sensing elements, including accelerometers and angular rate sensors, is one of the most important aspects of designing strapdown inertial navigation systems (SINS). The assumption of a certain level of accuracy meeting the requirements of navigation and orientation is restricted by simplified sensors error models that include only zero drift and noise characteristics. However, their dynamic changes are not taken into consideration. The requirements for the scale factor determining error and the input-axis misalignment for SINS are much higher than those for platform type inertial navigation systems [1].

One of the current ways to increase the level of SINS precision is the detailed description of the sensors error model and a more careful analysis of sensors error model components impact on the SINS output parameters. A reasonably detailed analysis can be accomplished by the SINS simulation.

The purposes of this research are, firstly, the description of SINS sensors: accelerometers and fiber optic gyroscopes (FOG), error models and, secondly, the analysis of the influence of measuring module sensors error components on SINS output parameters accuracy for different types of dynamic motion specific for marine vehicles.

The article is focused on the following sensors error model components:

- bias;
- scale factor;
- input-axis misalignment;
- noise component;
- delay of the data supply;

- size-effect;
- fiber optic gyroscope scale factor asymmetry.

Sensors error model. The error in determining the angular velocity $\delta\omega$ [2]:

$$\delta\omega = \Delta\omega_0 + \Delta\omega_M + \Delta\omega_C + \Delta\omega_A + \Delta\omega_\tau + \eta_\omega.$$

The error in determining the apparent acceleration δa [2]:

$$\delta a = \Delta a_0 + \Delta a_M + \Delta a_C + \Delta a_\tau + \Delta a_{size} + \eta_a.$$

$$\Delta i_0 - \text{zero bias and its instability from run to run; } \Delta i_M = \begin{bmatrix} \Delta M_{ix} & 0 & 0 \\ 0 & \Delta M_{iy} & 0 \\ 0 & 0 & \Delta M_{iz} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_X \\ i_Y \\ i_Z \end{bmatrix} -$$

component caused by the scale factor and its instability from run to run; $\Delta\omega_j$ – velocity of an unaccounted drift caused by the FOG scale factor asymmetry; Δi_τ – non-synchronous data removal component; η_i – noise component; Δa_{size} – error introduced by the size-effect;

$$\Delta a_C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -A_{yz} & 0 & 0 \\ A_{zy} & -A_{zx} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_X \\ a_Y \\ a_Z \end{bmatrix} - \text{component caused by the body-fixed reference frame axes}$$

$$\text{misalignment; } \Delta\omega_C = \begin{bmatrix} 0 & G_{xz} & -G_{xy} \\ -G_{yz} & 0 & G_{yx} \\ G_{zy} & -G_{zx} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_X \\ \omega_Y \\ \omega_Z \end{bmatrix} - \text{component induced by the gyro unit}$$

measuring axes deviation from the bound coordinate system (Fig. 1).

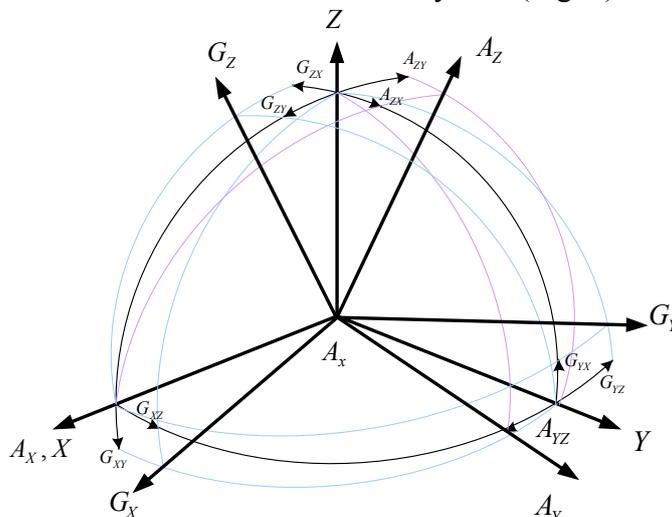


Fig. 1. Deviation of the measuring axes from the bound coordinate system

As binding gyroscopes measuring axis to the accelerometers measuring axis affects the inertial navigation method accuracy, the error model includes only three components that characterize the triad of accelerometers axes misalignment and 6 components that characterize the deviation of the measuring axes of FOG triad from the axes of the accelerometers triad.

1. The influence of FOG scale factor asymmetry. FOG scale factor asymmetry can be determined by the following formula:

$$\Delta M_{\omega j}^{\pm} = \frac{M_{\omega j}^{+} - M_{\omega j}^{-}}{(M_{\omega j}^{+} + M_{\omega j}^{-}) / 2},$$

where $M_{\omega j}^{+}$, $M_{\omega j}^{-}$ – FOG scale factors when changing from positive to negative (and vice

versa) object angular velocity.

In the context of alternating pitching and rolling motion the scale factor asymmetry causes a constant drift rate that can be described by the following equation:

$$\Delta\omega_{Aj} = \Delta M_{\omega_j}^{\pm} A_{\omega} \frac{2}{\pi},$$

where A_{ω} – the pitching angular velocity amplitude.

2. The influence of FOG gyroscopes irregular delays in the navigation algorithm data supplying. When the gyros primary measurements start the orientation task input with unequal time delays in terms of base angular oscillation, a systematic drift is detected.

The Z gyro data arrival delay τ towards X gyro in a base-phase vibrations with A_x and A_z amplitudes and some frequency ν on these axes, leads to the systematic drift detection in the third Y-channel:

$$\Delta\omega_{\tau y} = -\tau_{xz}^{\omega} \nu^2 A_x A_z / 2.$$

3. The influence of FOG data delay compared to the accelerometers data. The delay of the information about the SINS orientation is equivalent to the deviation of the measured acceleration gravity vector on the gamma angle $\Delta\gamma \approx \dot{\gamma}\tau_0$ (Fig. 2). This leads to the errors of horizontal acceleration:

$$\Delta a_{\tau} \approx g\Delta\gamma = g\dot{\gamma}\tau_0,$$

and the error in determining the linear velocity:

$$\delta V = 2\pi g\tau_0.$$

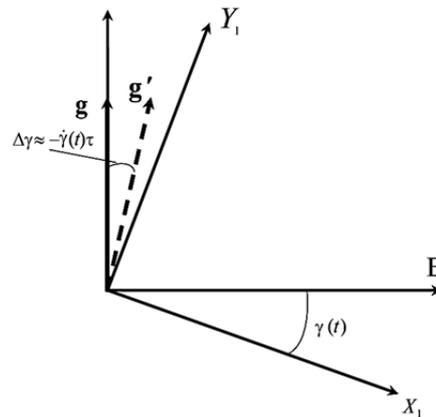


Fig. 2. Deviation of the measured acceleration vector from the original gravity vector

Size-effect impact. The inertial navigation theory assumes that various accelerometers measure some point acceleration vector components. The point mentioned above is conventionally taken as the moving object center of mass. The SINS accelerometers are firmly fixed to the moving object housing, which may have a significant angular velocity and acceleration. Therefore, the distance between the accelerometers sensitive masses due to their size from a few to dozens of centimeters leads to the measurement errors (so-called size-effect).

The apparent acceleration acting on the i -accelerometer differs from the acceleration at the center of oscillation by the amount of:

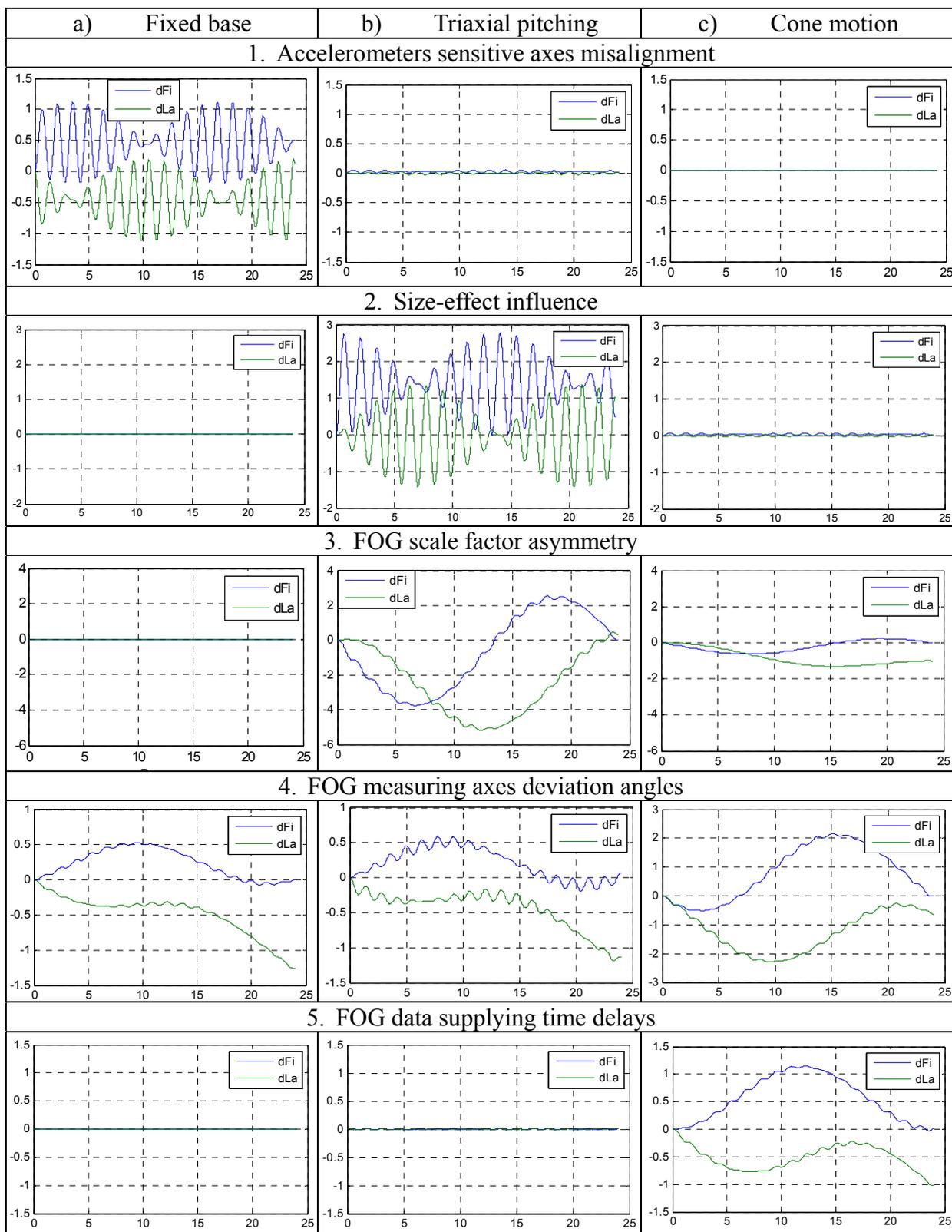
$$\vec{a}_i = \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{\rho}_{ai}) + \dot{\vec{\omega}} \times \vec{\rho}_{ai},$$

where $\dot{\vec{\omega}}$ – actual angular acceleration; $\vec{\omega}$ – actual angular velocity; $\vec{\rho}_{ai}$ – vector between the i -accelerometer and the center of oscillation.

Results of the SINS simulation. Before the simulation, optimal motion parameters and values of FOG and accelerometers error model components were chosen. The modeling time for each set of parameters was 24 h.

The results are presented in Table. There are coordinates determining error diagrams for only those components that can be of interest in the context of this research. Simulation time (hours) is on the horizontal axis, the positioning error (kilometers) on the ordinate. The first column shows the results for a fixed base, the second one for the triaxial pitching and the third one for the cone motion – biaxial pitching with the same frequency in both axes.

Table. Simulation results



Analysis of the simulation results. According to the results of the simulation it was confirmed that components which are necessarily included in every form of the sensors error model (even simplified one), such as accelerometers and FOG zero biases and noise characteristics make the most significant contribution to the SINS output data accuracy with any type of dynamic motion. With the selected FOG initial error model parameters used for the simulation, the value of the SINS output parameters error in case of zero bias influence is up to 15 km a day.

Diagrams 1.a, 1.b, 1.c show the effect of accelerometers sensitive axes misalignment on the error in determining the latitude and longitude. It can be noted that harmonic pitching compensates the induced drift. That is why with the dynamic cone motion the error is completely compensated, and in the fixed base the error is over 1 km during 24 h.

The following three diagrams 2.a, 2.b, 2.c illustrate the influence of size-effect which is the most pronounced during the triaxial pitching. However, the fact that the size-effect error is not as significant in the cone motion is determined merely by the selected simulation parameters (cone motion has rather small dynamics). Large angular velocity of the accelerometers sensitive mass geometric spacing lead to a significant additional error. In this case, the coordinate deviation error is of about 3 km during 24 h. This effect is not observed with the fixed base.

Diagrams 3.a, 3.b, 3.c display the scale factor asymmetry effect on the SINS output data. It is clearly seen that the asymmetry contributes to the coordinates determining error when the harmonic pitching (triaxial or cone) takes place. The value of this contribution depends on the dynamics of the object. For example, in dynamic triaxial rolling the asymmetry contribution is commensurable with the error caused by zero bias and is up to 7 km for 24 h. It is worth noting that chosen for the simulation asymmetry magnitude is two orders smaller than the magnitude of the scale factor determining error.

The following set of diagrams 4.a, 4.b, 4.c, shows the impact of the deviation of FOG measuring axes angles compared to the accelerometer axes. SINS output data error increases with the growth of motion dynamics.

Finally, diagrams 5.a, 5.b, 5.c show the influence of FOG data receipt algorithm asynchrony. It can be seen that the data arrival relative delays cause a considerable error in coordinate determination only when the pitching frequencies coincide. This error magnitude also depends on the angular oscillation parameters.

Conclusion. During the research SINS sensors error models were described. Such components as temporary delay of the data supply, FOG scale factor asymmetry and accelerometers proof mass coordinates with respect to the pole of the body-fixed reference frame were included. These infelicities are not usually comprised in the practically used error models.

With the help of MATLAB Simulink environment the analysis and quantitative estimation of the influence of error model various components on the SINS output parameters precision were performed. According to the simulation results it can be argued that there is the need to include some additional components into the practically used error models in order to achieve greater accuracy [3–5].

References

1. Volynskii D.V., Odintsov A.A., Dranitsyna E.V., Untilov A.A. Calibration of fiber-optic gyros within strapdown inertial measurement units // Gyroscopy and Navigation. – 2012. – V. 3. – № 3. – P. 194–200.
2. Анучин О.Н., Емельянец Г.И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов. – СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 392 с.
3. 1559-2009 – IEEE Standard for Inertial Sensor Terminology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1559-2009.html>, свобод.
4. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения платформенных инерциальных навигационных систем. – СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 2009. – 280 с.

5. Noureldin A., Karamat T.B., Georgy J. Fundamentals of Inertial Navigation, Satellite-based Positioning and their Integration. – New York: Springer, 2013. – 400 p.

УДК 531.743

ВЫБОР РАЗРЯДНОСТИ ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИИ В ОПТИЧЕСКОЙ РАВНОСИГНАЛЬНОЙ ЗОНЕ

А.А. Климов¹

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Тимофеев¹

¹Университет ИТМО

Рассмотрена разработка и экспериментальное подтверждение методики расчета разрядности аналогово-цифрового преобразования в системе, осуществляющей контроль положения объекта в пространстве в оптической равносигнальной зоне. Представлен принцип работы и способ цифровой обработки информации в модернизированной системе ПУЛ-Н.

Ключевые слова: выбор разрядности, оптическая равносигнальная зона, ПУЛ-Н, методика расчета разрядности, аналогово-цифровое преобразование.

Контроль пространственного положения объектов является актуальной задачей, так как ведет к полной автоматизации производственных и строительных процессов. Системы, существующие на данный момент, решают большой спектр задач в области контроля положения объектов, однако использование принципа оптической равносигнальной зоны (ОРЗ) в системе контроля положения объектов дает возможность определять и линейные, и угловые смещения одновременно, и на значительном рабочем расстоянии [1].

Целью работы являлось увеличение точности функционирования системы, одной из частей которой является точность выбора разрядности аналогово-цифрового преобразования. Для достижения цели была разработана структурная схема модернизированной системы, усовершенствован принцип обработки сигнала и решена задача разработки метода выбора разрядности аналогово-цифрового преобразователя (АЦП).

Принцип действия оптико-электронной системы ПУЛ-Н [1]. В структуре системы можно выделить управляющую часть, состоящую из канала формирователя базового направления (КФБН) в виде прожектора с двумя диодами разной частоты, теодолита со зрительной трубой и блока питания, приемную часть, состоящую из приемника оптического излучения. Принципом работы системы является использование ее для контроля смещения оптической равносигнальной зоны.

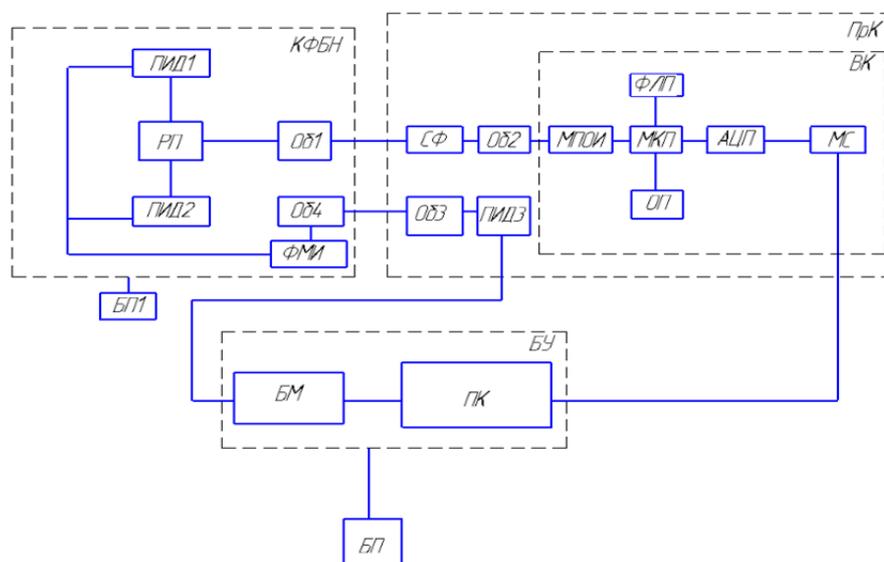


Рисунок. Структурная схема модернизированного ПУЛ-Н

Разработанная в процессе исследования структурная схема (рисунок) позволит получить более полное представление о принципе работы системы.

Принцип работы модернизированной системы [2] заключается в том, что объектив модулирующей системы (ОБЗ) посылает сигнал от диода (ПВДЗ), на объектив (ОБ4), установленный на КФБН. После объектива сигнал попадает на формирователь модулирующего сигнала (ФМС), который осуществляет управление излучающими диодами КФБН (ПВД1 и ПВД2). Таким образом, создается оптический канал связи, по которому передается информация о модуляции диодов. Управляется данная часть прибора по средствам промышленного компьютера (ПК).

После этого модулированный поток излучения через разделительную призму (РП) и объектив КФБН (ОБ1) передается на приемник (ПрК). Пройдя оптический фильтр, обрезающий потоки фона, и с помощью объектива ПрК ОБ2 передается на матричный приемник оптического излучения (МПОИ) видеокамеры (ВК). В ВК поток преобразуется в цифровое изображение двух половинок равносигнальной зоны и передается в блок управления (БУ), где осуществляется анализ и обработка полученных данных и модуляция диодов КФБН.

При модернизации системы предложено изменить алгоритм формирования ОРСЗ [3] путем модуляции полей яркости. Чтобы была возможность реализовывать независимое определение координат ПрК в ОРСЗ предлагаться временная манипуляция полей облученности путем управления яркостью источников.

Для двух полей яркостей ПВД1 и ПВД2 $L_I(y)$ и $L_{II}(y)$ реальный объектив создаст отображения источников, описываемый непрерывными функциями $E_I(y)$ и $E_{II}(y)$ на любой дистанции, и в случае реального объектива будут иметь область пересечения и точки, в которых будут равносигнальными:

$$E_I(x, y, z) = E_{II}(x, y, z). \quad (1)$$

В общем виде с небольшими допущениями (оптические элементы не имеют aberrаций, а дифракционные явления проявляются незначительно) для больших дистанций z (т.е. $D_{\text{КФБН}} \gg z$, $D_{\text{КФБН}}$ – диаметр выходного зрачка объектива КФБН) в любой точки контролируемого пространства распределение облученности с учетом параметра времени $E_{\Sigma}(x, y, z, t)$ можно записать:

$$E_{\Sigma}(x, y, z, t) = E_{\Sigma}'(x, y, z, t) [L_{I+II} M_I(t) + L_{III+IV} M_{II}(t)] S'_{\text{КФБН}} / z^2, \quad (2)$$

где $E_{\Sigma}'(x, y, z, t)$ – интегральное по спектру пропускание оптической системы КФБН и воздушного тракта; $S'_{\text{КФБН}}$ – эффективная площадь выходного зрачка объектива КФБН.

При сдвиге ПрК с ОРСЗ наблюдается преобладание облученности одного из полей, которое и является информативным параметром о величине сдвига. В этом случае простейший алгоритм обработки информации с цифровой оптико-электронной системы (ОЭС) при контроле сдвигов должен быть реализован вычислительным устройством в соответствии с разностным алгоритмом по двум кадрам: первый в период времени от 0 до $T/2$, а второй от $T/2$ до T . При этом, если входной зрачок ПрК расположен на расстоянии z , его плоскость перпендикулярна оси OZ , а его геометрический центр сместился с оси OZ на величину Δy , то с учетом разностного алгоритма величину потока рассогласования $\Delta\Phi(x, y + \Delta y, z, t)$ на входном зрачке объектива ПрК с площадью $S_{\text{ПрК}}$ можно записать:

$$\Delta\Phi(x, y + \Delta y, z, t) = \left[\int_0^{T/2} \iint_{S_{\text{ПрК}}} \tau'(x, y, z, t) \tau''(x, y, z, t) E_{II}(x, y + \Delta y, z, t) ds dt - \int_{T/2}^T \iint_{S_{\text{ПрК}}} \tau'(x, y, z, t) \tau''(x, y, z, t) E_{II}(x, y + \Delta y, z, t) ds dt \right], \quad (3)$$

где $\tau''(x, y, z)$ – интегральное по спектру пропускание оптической системы ПрК.

Регистрируемая величина $\Delta\Phi(x, y + \Delta y, z, t)$ служит информативным параметром для определения величины сдвига.

В свою очередь, при разворотах $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$ ПрК наблюдается перемещение на фотоприемнике отображения ОРСЗ, сформированного объективом ПрК, в виде суммарной облученности $E_{\Sigma\text{ПрК}}(x', y', z', t)$ каждого из полей:

$$E_{\Sigma\text{ПрК}}(x', y', z', t) = \left[\int_0^{T/2} \iint_{S_{\text{ПрК}}} \tau'(x, y, z, t) \tau''(x, y, z, t) E_{\text{I+II}}(x, y, z, t) ds dt + \int_{T/2}^T \iint_{S_{\text{ПрК}}} \tau'(x, y, z, t) \tau''(x, y, z, t) E_{\text{III+IV}}(x, y, z, t) ds dt \right] z^2 / f_{\text{ПрК}}'^2 S_{\text{КФБН}}. \quad (4)$$

В этом случае чувствительность определяется погрешностью $\delta\alpha$ определения положения $E_{\Sigma\text{ПрК}}(x', y', z', t)$ – на поверхности ОЭС не так сильно зависит от формы пространственного распределения энергии в $E_{\text{I+II}}(x, y, z, t)$ и $E_{\text{III+IV}}(x, y, z, t)$, как при контроле сдвигов.

Приведенные выражения (3) и (4) предложены в интегральной форме, в то время как при цифровом ОЭС осуществляется аналогово-цифровое преобразование сигналов с их последующей обработкой.

При контроле сдвигов y простейший алгоритм обработки вычислительным устройством сигналов с ОЭС может быть реализован в соответствии с выражением (3) в виде суммы сигналов потока с пикселей ОЭС. При этом вычисляется разность потоков $\Delta\Phi$, приходящих на ОЭС по двум кадрам: первый в период времени от 0 до $T/2$, а второй от $T/2$ до T :

$$y = \Delta\Phi W(y) = \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Phi'_{i,j} - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Phi''_{i,j} \right) W(y), \quad (5)$$

где $\Phi'_{i,j}$ – амплитуда сигнала с пикселя ОЭС за период от 0 до $T/2$; $\Phi''_{i,j}$ – амплитуда сигнала с пикселя ОЭС за период от $T/2$ до T ; m – число строк ОЭС; n – число столбцов ОЭС.

При этом время экспозиции кадров $t_{\text{эксп}}$ в рассматриваемом случае должно быть меньше, чем $T/2$, и синхронизовано с модуляционными функциями $M_{\text{I}}(t)$, $M_{\text{II}}(t)$ источников.

Очевидно, что при этом алгоритме погрешность смещений определяется в первую очередь погрешностью измерения величин $\Phi'_{i,j}$ и $\Phi''_{i,j}$, которая, в свою очередь, обусловлена разрядностью ρ АЦП.

В свою очередь, простейший алгоритм разворотов $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$ при цифровой обработке, например, по методу определения координат энергетического центра отображений на ОЭС, будет определяться выражениями:

$$\Delta\alpha = \arctg\left(\frac{\sum_{i=1}^m i \sum_{j=1}^n \Phi_{i,j}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Phi_{i,j}} p_i / a_{\text{ПрК}}'\right), \quad \Delta\beta = \arctg\left(\frac{\sum_{j=1}^n j \sum_{i=1}^m \Phi_{i,j}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Phi_{i,j}} p_j / a_{\text{ПрК}}'\right), \quad (6)$$

где $a_{\text{ПрК}}'$ – заднее расстояние объектива ПрК; $\Phi_{i,j}$ – амплитуда сигнала с пикселя ОЭС, за период T ; m – число строк в ОЭС; n – число столбцов в ОЭС; i – номер пикселя в строке ОЭС; j – номер пикселя в столбце ОЭС; p_i – линейный размер пикселя в строке; p_j – линейный размер пикселя в столбце.

При переходе к цифровой обработке сигнала, важной частью общей погрешности является погрешность, вносимая АЦП. Такая погрешность может быть уменьшена при правильном выборе разрядности АЦП.

Задача выбора разрядности является стандартной и решена для многих систем и приборов, однако для представленной системы, работающей на принципе ОРСЗ, выбор разрядности АПЦ является актуальной для решения проблемой.

Выбор разрядности аналогово-цифрового преобразования [3, 4]. При определении угла разворота ПрК требуется обеспечить погрешность измерения σ_β , которая в общем случае определяется не только позиционной чувствительностью алгоритма определения угла, но воздействием внешних факторов на процесс измерения (ветер, градиенты температуры воздушного тракта). В этом случае при проектных расчетах удобно воспользоваться принципом равного влияния факторов на процесс измерения. Если таких факторов m , то

$$\rho_\beta = \sigma_\beta / \sqrt{m}. \quad (7)$$

Как показывает опыт многолетних исследований погрешность определения координат малоразмерных источников (размером не менее 6–8 пикселей) на фотоприемном матричном поле не превышает $k=0,05-0,1$ размера пикселя.

$$\rho_\beta = kp / f_{\text{ПрК}}, \quad (8)$$

где $f_{\text{ПрК}}$ – фокусное расстояние ПрК.

Из (7) и (8) нетрудно получить, что p должен быть

$$p = \sigma_\beta f_{\text{ПрК}} / k\sqrt{m}. \quad (9)$$

Размеры зрачка определяются энергетической чувствительностью $W(x, y, z)$ к смещениям, которая определяет погрешность регистрации разности оптических полей $\Delta\Phi$ на МПОИ, вызванных смещением Δy . Поскольку система должна обеспечивать необходимую погрешность контроля смещений σ_w , необходимо учитывать величину Δy как составляющую погрешности, распределенную по нормальному закону

$$\Delta y = \sigma_w / \sqrt{m}, \quad (10)$$

где m – число погрешностей, наиболее влияющих на суммарную погрешность.

Величина этой погрешности определяется разрядностью ρ АЦП. Энергетическая чувствительность, в конечном счете, определяется градиентом облученности в ОРСЗ и в общем случае зависит как от величин смещений y , так и дистанции z . В первом приближении требуемая разрядность может быть рассчитана с учетом сферической аберрации $\delta\varphi_s$ объектива, дистанции z_0 фокусировки и дистанции z работы [3]:

$$\rho = \frac{2\pi [k_1 \delta\varphi_s z_0 + R_{CFBD}]}{3\Delta y}. \quad (11)$$

В свою очередь, с учетом закона распределения погрешности аналого-цифрового преобразования (закона равной вероятности), возникающей при квантовании сигналов по уровню, выражение (11) преобразуется

$$\Delta y = \sigma_w / 2\sqrt{3m}. \quad (12)$$

В соответствии с изложенным, значение разрядности n , выбираемой при обработке видеосигналов аналогово-цифровых преобразований облученностей в ОРСЗ, должно быть числом, вычисляемым по нижеприведенной формуле с округлением в большую сторону

$$n = \frac{\pi 4\sqrt{3m} [k_1 \delta\varphi_s z_0 + R_{КФБН}]}{3\sigma_w}. \quad (13)$$

Из выражения (13) видно, что определяющими при практической реализации системы являются величины сферической аберрации объектива КФБН и размеры его выходного зрачка.

Результаты проведенных экспериментов. Были проведены лабораторные эксперименты с использованием представленного алгоритм обработки для определения точности работы системы с АЦП, разрядность которого выбрана по вышеизложенному методу и с применением программы, написанной в среде LabVIEW. В результате проведенных исследований были получены следующие значения: оценка среднеквадратичного отклонения (СКО) погрешности смещений составило 0,03 мм, а оценка СКО погрешности разворотов 14 угл. мин.

Вывод. Для повышения точности работы ОЭС ПУЛ-Н была произведена разработка метода расчета разрядности АЦП, что позволило уменьшить погрешности, вносимые данным элементом системы. С использованием этого метода были сделаны расчеты разрядности АЦП экспериментальной установки и проведена серия лабораторных экспериментов по определению точности работы экспериментального макета. Результат экспериментов подтвердил ожидаемое повышение точности работы системы, что позволило сделать вывод о правильности разработанного метода расчета разрядности АЦП.

Литература

1. Джабиев А.Н., Мусяков В.Л., Панков Э.Д., Тимофеев А.Н. Оптико-электронные приборы и системы с оптической равносигнальной зоной: Монография / Под общ. ред. Э.Д. Панкова. – СПб.: ИТМО, 1998. – 238 с.
2. Коротаев В.В., Мараев А.А., Тимофеев А.Н. Телеориентирование в луче с оптической равносигнальной зоной: Монография / Под общ. ред. А.Н. Тимофеева. – 2015. – 326 с.
3. Коротаев В.В., Мараев А.А., Похитонов П.П., Тимофеев А.Н. Аппаратное снижение погрешности позиционирования в оптико-электронной насадке на теодолит ПУЛ-Н // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2009. – № 5(63). – С. 5–9.
4. Gusarov V.F., Maraev A.A., Timofeev A.N., Klimov A.A. Influence of array photo-detectors characteristics on the accuracy of the optical-electronic system with optical equisignal zone // Proc. of SPIE. – 2016. – V. 9896. – P. 989615-1–989615-11.

УДК 62-97/-98

АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ МИКРОФОННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

А.С. Козлов¹, Р.Я. Лабковская¹, О.И. Пирожникова¹, В.Л. Ткалич¹

¹Университет ИТМО

Работа посвящена анализу отечественных разработок в области микрофонной элементной базы, в частности, в электроакустических преобразователях, которые могут быть использованы в области радиотехники для передачи звуковой информации.

Ключевые слова: микрофон, элементная база, патент, передача звуковой информации.

Авторами было проведено патентное исследование [1] отечественных разработок в области микрофонной элементной базы [2], глубина которого составила 20 лет.

Микрофонная техника должна отвечать следующим требованиям:

- при рабочих уровнях звука микрофон должен вырабатывать электрический сигнал, в достаточной мере превышающий уровень собственных электрических шумов;
- вырабатываемый сигнал не должен иметь существенных искажений;
- микрофон должен практически без изменений передавать все звуковые частотные составляющие, содержащиеся в сигнале в пределах частотного диапазона аппаратуры, к которой он подключен.

В результате анализа выявлено семь перспективных направлений в области создания устройств данного вида, направленных на обеспечение:

- расширение функциональных возможностей;
- повышение надежности;
- повышение чувствительности;
- улучшение характеристики направленности микрофона;
- повышение КПД;
- увеличение шумостойкости;
- упрощение конструкции устройства.

1. Расширение функциональных возможностей:

- патент Н04К 1/00 RU 2526300 – за счет того, что содержит полый корпус, защитную решетку звукоснимателя, имеющего диафрагму, звуковую катушку, магнитный элемент, включатель звукоснимателя, выходной разъем. При этом в корпусе со стороны защитной решетки по окружности выполнен канал, разделенный радиальными светонепроницаемыми перегородками на одинаковые секции с расположенным в каждой из них, по меньшей мере, одним светодиодом. С внешней стороны канала установлен светофильтр, имеющий окрашенные участки против каждой секции, с возможностью его поворота и магнитного соединения с корпусом;
- патент Н04К 1/00 RU 2524 558 – за счет того, что содержит полый корпус, защитную решетку, звукосниматель, диафрагму, звуковую катушку, магнитный элемент, включатель звукоснимателя, выходной разъем. В головной части корпуса со стороны защитной решетки по окружности выполнен светоотражающий канал с У-образными выемками, в каждой из которых расположен, по меньшей мере, один светодиод, способный излучать белый или окрашенный свет. Светодиоды соединены с блоком преобразования звуковых частот голоса в световые излучения;
- патент Н04К 17/02 RU 2527143 – за счет того, что в корпусе микрофона со стороны защитной решетки по окружности выполнен канал с расположенными в нем светодиодами. С внешней стороны канала установлен светофильтр, имеющий винтовое соединение с корпусом. На корпусе размещен включатель светодиодов. Защитная решетка микрофона снабжена охватывающим ее резиновым кольцом, имеющем грани;
- патент Н04К 9/08 RU 2524557 – за счет того, что в микрофоне, содержащем полый корпус, защитную решетку звукоснимателя, имеющего диафрагму, звуковую катушку, магнитный элемент, включатель звукоснимателя, выходной разъем, со стороны защитной решетки в стенке корпуса установлены по окружности N рядов светодиодов, соединенных проводниками с клавиатурой. Один ряд светодиодов отделен от другого ряда светодиодов криволинейной плоской перегородкой, имеющей край в виде синусоиды, причем перегородки смыкаются одна с другой с образованием ячеек. Число рядов светодиодов соответствует числу клавиш в клавиатуре;
- патент Н04К 1/00 RU 2533932 – за счет того, что с внутренней стороны защитной решетки микрофона расположены полые светоотражающие элементы с установленным в каждом из них, по меньшей мере, одним светодиодом, способным излучать белый/окрашенный свет. Светоотражающий элемент имеет форму усеченного в вершине конуса/гиперboloида/пирамиды, прилегающих основанием к защитной решетке. Часть защитной решетки, расположенная против светоотражающих элементов, имеет светоотражающее покрытие. На корпусе размещен включатель светодиодов. Изобретение обеспечивает возможность использования голоса в сопровождении разноокрашенных световых потоков.

2. Повышение надежности:

- патент H04K 23/00 RU 2473181 – за счет того, что содержит корпус, мембраны, закрепленные по его периметру, монохроматический источник света, фокусирующий линзы и фотоприемник. Источник монохроматического излучения и фокусирующая линза установлены напротив первого конца волоконно-оптического световода, а фотоприемник расположен напротив второго конца волоконно-оптического световода. Мембрана микрофона выполнена гофрированной из тонкого слоя нитрида силикона толщиной 0,1 мкм, причем отражение света у нее происходит от центрального участка диаметром 0,4 мм, полученного с помощью нанесения золота фотолитографическим методом. Технический результат – повышение надежности и чувствительности оптического микрофона.

3. Повышение чувствительности:

- патент H04K 9/08 RU 2290772 – за счет того, что в корпусе коаксиально катушке индуктивности расположен ферритовый стержень, не являющийся постоянным магнитом, а катушка индуктивности снабжена измерительной цепью и связана с источником питания переменного тока;
- патент H04K 23/00 RU 2375842 – за счет того, что содержатся мембрана с прикрепленным к ней с внутренней стороны стержнем, двух пластин с обращенными друг к другу зеркальными поверхностями, одна из которых соединена со стержнем, источника оптического излучения, направленного на зеркально отражающую поверхность одной из пластин, и фотоприемника. Техническим результатом изобретения является повышение чувствительности, помехозащищенности и надежности приема;
- патент H01R 19/04 RU 2066908 – за счет того, что в микрофон дополнительно введены установочная и регулировочная шайбы, охватывающие кольцевую поверхность опорного элемента и расположенные в наружной кольцевой выемке опорного элемента;
- патент H04K 23/00 RU 2047944 – за счет того, что в оптическом микрофоне на внутренней поверхности мембраны выполнены продольные пазы, располагающиеся по спирали, в которых размещен волоконно-оптический световод.

4. Улучшение характеристики направленности микрофона:

- патент H04K 1/34 RU 2388175 – за счет того, что содержит трубчатую конструкцию, которая представляет собой свернутую спирально цилиндрическую поверхность, т.е. со спиральной направляющей, высота образующей которой прогрессивно уменьшается по мере движения образующей по направляющей от центра спирали, так что пространство между стенками спирального цилиндра представляет собой полость, открытую с переменной по высоте образующей стороны и закрытую со стороны плоского среза камерой, заключающей микрофон;
- патент H04K 1/34 RU 2411692 – за счет того, что предложены геометрические размеры устройства, которые обеспечивают независимость приема звука от его частоты. Рекомендованы значения коэффициентов поглощения звука для внутренней поверхности звукового приемного канала и отражающей поверхности зеркала. Предложено использование приемных звуковых каналов как дополнительных, самостоятельных элементов к действующим микрофонам широкого применения, которые позволят получить микрофон с острой диаграммой приема.

5. Повышение КПД:

- патент H04R 1/20 RU 2085053 – за счет того, что в микрофон введен второй механоэлектрический преобразователь, выход которого является выходом микрофона, и передающая мембрана;

- патент H04R 19/04 RU 2019064 – за счет того, что в электретном конденсаторном миниатюрном микрофоне плоскости подвижных электродов установлены симметрично относительно плоскости, проходящей через ось входного акустического отверстия параллельно двум противостоящим стенкам корпуса, и образуют острый угол, ребро которого расположено на противоположной акустическому входному отверстию стенке корпуса, а неподвижные электроды подсоединены параллельно к входу согласующего предварительного усилителя.
6. Увеличение шумостойкости:
- патент H04R 9/08 RU 2084081 – за счет того, что в электродинамический микрофон дополнительно вводится цепь обратной связи, по которой звуковой сигнал с частотой ниже номинального диапазона через механическую систему воздействует на диафрагму с тыльной стороны в противофазе акустическому давлению, действующему на фронтальную сторону;
 - патент H04R 9/08, H04R 1/38 RU 65706 – за счет того, что в шумостойком микрофоне передний и тыльный полукорпусы жестко соединены между собой в единый корпус торцами своих боковых стенок (в частности, методом склеивания), а в тыльном полукорпусе капсюля между тыльной его крышкой и дном магнитопровода установлено разделительно-уплотнительное кольцо, осевой канал которого соосно совпадает с осевым каналом, образованным осевым отверстием в дне магнитопровода, осевым каналом постоянного магнита и осевым каналом центрального полюсного наконечника, а также с центральными отверстиями тыльного входа в крышке тыльного полукорпуса;
 - патент H04R 9/08, H04R 1/32, H04R 1/34, H04R 1/38 RU 62762 – за счет того, что заявляемый в качестве полезной модели шумостойкий электродинамический микрофон содержит корпус, содержащий фронтальную и тыльную платы – крышки с отверстиями фронтального и тыльного акустических входов микрофона, в которых установлены акустические сопротивления, пыле- и брызгозащитные тканевые мелкоячеистые сетки.
7. Упрощение конструкции устройства:
- патент H04R 19/00 RU 2036562 – за счет того, что в конденсаторном микрофоне осевые полости выполнены в виде каналов по периферии основы неподвижного электрода, открытых со стороны корпуса;
 - патент H04B 5/06, H03J 9/02 RU 2168863 – за счет того, что в беспроводной микрофон введены тангента сдвоенная, первый и второй управляемые электронные ключи и ждущий мультивибратор с универсальным запуском, а кварцевый автогенератор выполнен с дополнительной положительной обратной связью на нечетных гармониках кварца.

Представленные в работе патенты направлены на то, чтобы расширить функционал микрофонов, повысить их надежность [3] и чувствительность, а также улучшить характеристику направленности. Перспективным является включение в микрофонную элементную базу светодиодных элементов [4].

Литература

1. Роспатент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www1.fips.ru/>, своб.
2. Козлов А.С., Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Ткалич В.Л. Учет присоединенных масс жидкости в математических моделях сильфонных чувствительных элементов систем управления // Изв. вузов. Приборостроение. – 2015. – Т. 58. – № 12. – С. 1016–1021.
3. Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Ткалич В.Л. Метод повышения надежности упругих чувствительных элементов систем управления и автоматики // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 1 (71). – С. 136–138.

4. Пат. RU 2526300 (С1), МПК7 Н04 R1/00. Микрофон // Щепочкина Ю.А. (RU), Барышев Я.А. (RU); заявитель и патентообладатель Щепочкина Юлия Алексеевна (RU). – No. 2013111342/28; заявл. 13.03.2013; опубл. 20.08.14. – 2 с.

УДК 62-97/-98

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕМБРАННОЙ АППАРАТУРЫ

А.С. Козлов¹, Р.Я. Лабковская¹, О.И. Пирожникова¹, В.Л. Ткалич¹

¹Университет ИТМО

Работа посвящена патентным исследованиям в области мембранной аппаратуры, а также анализу перспектив развития мембранных установок. Мембранная технология для очистки воды развивается и действует более сорока лет.

Ключевые слова: мембраны, мембранная аппаратура, патент, очистка воды.

Мембранные фильтры для очистки воды обладают целым рядом преимуществ:

- возможность исследования пробы больших объемов;
- высокая точность фильтров;
- исключение влияния ингибиторов роста;
- экономия времени;
- обеспечение высокой точности оценки результатов.

Авторами было проведено патентное исследование [1] отечественных разработок в области мембранной аппаратуры [2], глубина которого составила 20 лет.

В результате анализа выявлено четыре перспективных направления в области создания устройств данного вида, направленных на обеспечение:

- упрощение конструкции;
- повышение производительности;
- повышение качества;
- снижение себестоимости.

1. Упрощение конструкции:

- патент RU 1169226 (для содержащих два или более блока мембранных аппаратов, которые выполнены в виде монолитных параллелепипедов);
- патент RU 2046004 (за счет наличия струйного насоса и емкости дозируемого раствора, выполненного в виде реактора);
- патент RU 2029609 (за счет перегородок в емкости исходной жидкости и трубопроводов подачи воздуха, снабженного измерителем расхода реагента и запорной арматуры, и отвода реагента в емкости дозируемого химического реагента);
- патент RU 2009705 (за счет установки коллектора после дросселирующего устройства, сборника концентрата, выполненного в виде двух или более емкостей, нижняя часть которых соединена со сливным трубопроводом, а верхняя часть – с атмосферой через обратный клапан).

2. Повышение производительности:

- патент RU 2216392 (за счет применения конструктивных элементов – центробежного очистителя, масляного фильтра, дополнительной емкости для промывочного раствора, компрессора, устройства очистки пермеата от органических загрязнений, блока контроля и блока автоматического управления);
- патент RU 2300413 (за счет наличия бактерицидного фильтра, дополнительного насоса, вибратора в блоке регенерации, регулятора давления).

3. Повышение качества:

- патент RU 2199377 (за счет центробежного очистителя, гидроаккумулирующей емкости, дополнительного трубопровода с запорно-регулирующим клапаном, счетчиков расхода концентрата);

- патент RU 2200620 (содержит рециркуляционный контур, датчик перепада давления на контрольном мембранном элементе, обратный клапан, соединяющий линию отвода пермеата и рециркуляционный контур разделяемого раствора).

4. Снижение себестоимости:

- патент RU 2046003 (за счет уменьшения материалоемкости путем снабжения промежуточной емкости загрузочной горловиной и разделения перфорированной перегородкой, выполненной в виде стакана, полость которого образует входную камеру);
- патент RU 2139755 (за счет снижения затрат на регламентное обслуживание и обеспечения длительного непрерывного функционирования установки с помощью наличия не менее трех пар песчаных фильтров и промежуточных емкостей с магистралями выгрузки осадка, мембранных фильтров не менее двух, а также наличие электрических вентилях с автоматическим управлением);
- патент RU 2198018 (повышение эффективности и увеличение ресурса установки заключается в наличии емкости с осветленной водой и коллектора, связывающего через вентили выходы концентрата мембранных фильтров с песчаными фильтрами).

Перспективным является использование устройств данного типа для разделения жидких и газовых смесей с помощью газопроницающих мембран. Может использоваться в химической, нефтехимической, пищевой, микробиологической отраслях промышленности для концентрирования растворов, обессоливания воды, очистки жидких сред.

С экологической точки зрения в современных условиях наибольший интерес представляют мембранные установки для проведения мембранного разделения растворов и суспензии, что может быть использовано для обработки природных и сточных промышленных вод [3].

Литература

1. Роспатент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www1.fips.ru/>, своб.
2. Козлов А.С., Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Ткалич В.Л. Учет присоединенных масс жидкости в математических моделях сильфонных чувствительных элементов систем управления // Изв. вузов. Приборостроение. – 2015. – Т. 58. – № 12. – С. 1016–1021.
3. Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Ткалич В.Л. Метод повышения надежности упругих чувствительных элементов систем управления и автоматики // Научно-технический вестник Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 1(71). – С. 136–138.

УДК 004.41

УЧЕБНЫЙ RISC-ПРОЦЕССОР

Д.М. Колесниченко¹
¹Университет ИТМО

В работе описана архитектура учебного RISC-процессора, используемые блоки, их интерфейс и связи между ними, объясняются причины, по которым была выбрана именно эта архитектура. Рассказано о возможностях доработки процессора, чтобы он максимально соответствовал требованиям и своей функции.

Ключевые слова: процессор, RISC, обучение, архитектура, команда.

Введение. После распада Советского Союза мы в большей степени являемся пользователями готовых продуктов, нежели производителями. По этой причине возникает необходимость создания собственных устройств, чтобы исключить зависимость всей области вычислительной техники в России от взаимоотношений

между странами и импорта товаров. В связи с этим стало актуальным создание собственной элементной базы, которая могла бы помочь в обучении молодых специалистов. Именно поэтому было решено создать учебный RISC-процессор.

Всем известно, что данная архитектура приобрела большую популярность благодаря своей простоте, быстродействию и удобству написания компиляторов. Именно поэтому изучение процессоров стоит начинать именно с нее.

Разработка архитектуры. При разработке был учтен тот факт, что процессор должен быть в первую очередь учебным, соответственно, он должен быть несложным, но в то же время охватывать основные инженерные решения, характерные для RISC-архитектуры [1]. Именно поэтому он содержит основные блоки, такие как счетчик команд, 32-разрядная память и регистр команд, 16-разрядный регистровый файл, АЛУ [2], статусный регистр, 16-разрядную память данных, аппаратный стек и устройство управления (рисунок).

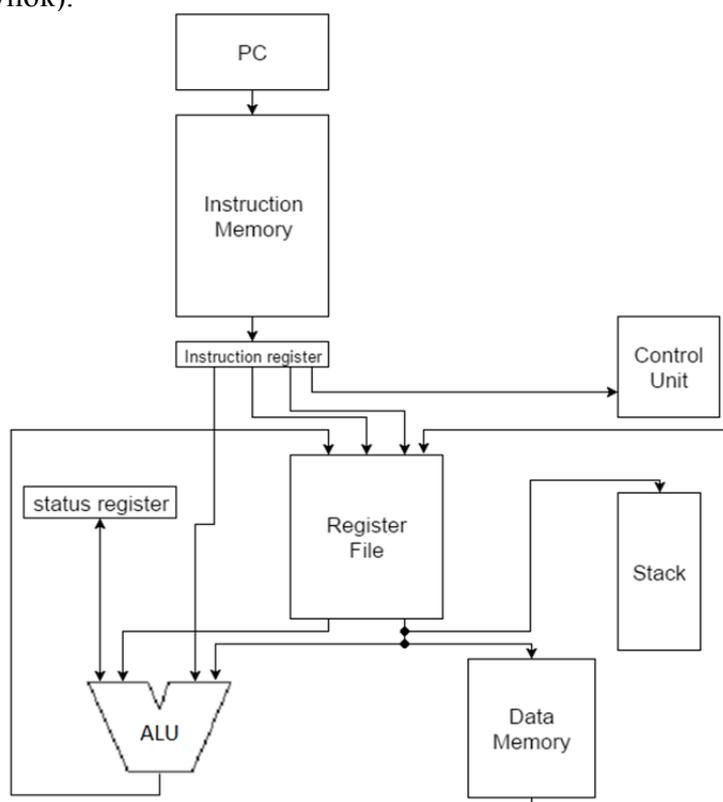


Рисунок. Структурная схема

Адрес текущей инструкции хранится в счетчике команд. Инструкция, находящаяся по этому адресу в памяти команд, считывается из нее и записывается в регистр команд. Далее ее операционная часть поступает в устройство управления, которое в зависимости от кода операции посылает определенные управляющие сигналы на соответствующие блоки. Дальнейшая часть цикла машинной команды зависит от кода операции.

Статусный регистр было решено выделить, чтобы его функции и отличие от остальных регистров были сразу понятны даже людям, находящимся на начальной стадии изучения вычислительной техники. Он содержит биты, отвечающие за перенос, нулевой результат, знак результата, переполнение и половинный перенос.

Для того чтобы показать принципы работы стека и для чего он используется, было решено сделать его аппаратным.

Разработка системы команд. В данной системе команд существуют следующие типы операций:

1. арифметические операции:
 - с 1 операндом;
 - с 2 операндами;
 - с константой;
2. операции работы со стеком;
3. операции работы с памятью;
4. операции перехода;
5. операции работы со статусным регистром;
6. операции работы с подпрограммой;
7. операции организации циклов.

Разработанная система команд является достаточно полной для учебного процессора, имеющего данную архитектуру [3]. При использовании всех данных команд будут задействованы все блоки текущего процессора, что является важным для понимания необходимости различных связей между его частями и принципов его функционирования. Соответственно, когда будут разрабатываться новые блоки этого процессора, должны появиться и новые команды (например, при реализации системы прерываний должны будут появиться команды разрешения и запрещения прерываний, возврата из прерывания).

Сравнение с существующими аналогами. Сравнительный анализ разработанного процессора с существующими аналогами [4, 5] приведен в таблице.

Таблица. Сравнительный анализ с существующими аналогами

	Простота архитектуры	Язык написания	Понятность кода	Наличие конвейера	Полнота документации	Наличие компилятора
Процессор 1	±	VHDL	±	+	±	–
Процессор 2	±	Verilog	–	+	+	+
Разрабатываемый процессор	+	SystemVerilog	+	–	–	+

Сравнение ведется по следующим критериям, которые выбирались в соответствие с целью разработки данного процессора:

1. простота архитектуры. В этом критерии оценивается понятность алгоритма работы процессора исходя из его схемы и количества блоков, используемых в данном устройстве. Первые два процессора оказались сложнее за счет использования дополнительных регистров, блоков обработки прерываний, решения конфликтов данных;
2. язык написания и понятность кода. Критерии «язык написания» и «понятность кода» неразрывно связаны друг с другом. Для описания данной архитектуры был выбран язык SystemVerilog, так как он достаточно прост для понимания, в нем имеются перечисляемый тип данных, различные структуры и объединения, процесс-блоки, позволяющие уже по названию определить тип логики, используемой в данном блоке и возможность описания интерфейсов. Это сделало код достаточно простым для понимания;
3. наличие конвейера. Первые два процессора имеют 4-ступенчатый конвейер, в то время, как в разрабатываемом процессоре конвейер отсутствует;
4. полнота документации. Для процессора 1 существует лишь краткое описание системы команд. Для процессора 2 существует полноценное учебное пособие с

- описанием всех блоков, их функций, и системы команд. Для разрабатываемого процессора документация находится в стадии разработки;
- наличие компилятора. Для процессора 1 компилятор не прилагался. Для процессора 2 имеется компилятор ассемблера на языке Python. Для разрабатываемого процессора написан компилятор языка C на Python.

Заключение. Разработанный процессор предоставляет возможности для изучения устройства техники, построенной на основе RISC-архитектуры, понимания основных принципов функционирования процессора и различных его частей, этапов выполнения машинных команд.

Литература

- Паттерсон Д., Хеннеси Дж. Архитектура компьютера и проектирование компьютерных систем. – СПб.: Питер, 2012. – 784 с.
- Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. – Изд-во: BHV–Санкт-Петербург, 2000. – 526 с.
- Харрис Д.М., Харрис С.Л. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. – New York: Morgan Kaufman, 2013. – 1621 с.
- Сергиенко А.М. Вычислительный модуль 16-разрядного RISC-микропроцессора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kanyevsky.kpi.ua/useful_core/risc_strus.html, своб.
- Yatagan T. A soft RISC processor on Xilinx FPGA with Verilog and an assembler with Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/tugrulyatagan/RISC-processor>, своб.

УДК 004.62

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО АНАЛИЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

А.С. Конев¹, А.Г. Карманов¹, В.В. Елисеева¹, Д.И. Дикий¹, Н.В. Нечаева¹

¹Университет ИТМО

Работа посвящена оценке возможности использования графических процессоров для уменьшения вычислительной нагрузки. Основным результатом работы стал разработанный в ходе исследования алгоритм и проведенные в последующем оценки, позволили сделать выводы о перспективности применения графических ускорителей для анализа эффективности данных дистанционного зондирования Земли.

Ключевые слова: анализ эффективности ДЗЗ, применение графических ускорителей в ДЗЗ, КЭНС, БПЛА.

Введение. В последние годы большое распространение получили беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Устройства используются в различных сферах человеческой деятельности как в гражданских, так и военных целях. БПЛА способны нести боевую нагрузку и осуществлять уничтожение наземных и воздушных целей. В большинстве случаев для навигации в БПЛА используют инерциальную навигационную систему (ИНС) и корреляционно-экстремальную навигационную систему (КЭНС), необходимую для уменьшения погрешностей ИНС. БПЛА получает текущее изображение местности и передает его в КЭНС. КЭНС производит поиск полученного изображения на заранее заготовленном эталонном изображении, ориентированном в мировой системе координат. Если поиск оказывается успешным, то координаты БПЛА корректируются, в ином случае меняется траектория полета БПЛА [1–5].

Постановка задачи. Критериями качества эталонной (эффективной) информации могут использоваться различные параметры и характеристики изображения: радиус корреляции, геометрическое искажение изображения, определенные (явные) признаки и их равномерное расположение на карте. Данные критерии не определяют степень пригодности изображений дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) к применению на БПЛА. Имитируя работу КЭНС можно получить интегральную оценку качества изображений. Но данный подход к оценке эффективности эталонных изображений предполагает многократное моделирование работы КЭНС и требует высоких вычислительных затрат. Настоящая работа была посвящена оценке возможности использования графических процессоров для уменьшения вычислительной нагрузки. В качестве эталонной информации были использованы серые изображения, полученные средствами ДЗЗ.

Реализация. Оценка качества изображения получаем путем вычисления функции взаимной корреляции r_{ij} между текущим изображением и эталонным по формуле:

$$r_{ij} \left(u, v, \frac{du}{dx}, \frac{du}{dy}, \frac{dv}{dx}, \frac{dv}{dy} \right) = 1 - \frac{\sum_i \sum_j [F(x_i, y_j) - \bar{F}][G(x_i^*, y_i^*) - \bar{G}]}{\sqrt{\sum_i \sum_j [F(x_i, y_j) - \bar{F}]^2 \sum_i \sum_j [G(x_i^*, y_i^*) - \bar{G}]^2}}. \quad (1)$$

В формуле $F(x_i, y_j)$ – интенсивность пикселя в точке (x_i, y_j) по серой шкале на эталонном изображении, $G(x_i^*, y_i^*)$ – интенсивность пикселя в точке (x_i^*, y_i^*) по серой шкале на полученном изображении. \bar{F} и \bar{G} – средние значения матриц интенсивности F и G . Координаты и точки сетки (x_i, y_j) и (x_i^*, y_i^*) связаны деформацией, которая произошла между двумя изображениями. Если движение перпендикулярно оптической оси камеры, то соотношение между (x_i, y_j) и (x_i^*, y_i^*) может быть аппроксимировано при помощи двумерных преобразований для x и y по формулам:

$$x^* = x + u + \frac{du}{dx} \Delta x + \frac{du}{dy} \Delta y \quad (2)$$

$$y^* = y + v + \frac{dv}{dx} \Delta x + \frac{dv}{dy} \Delta y, \quad (3)$$

где u и v – движение центра прообраза по осям X и Y , соответственно. Расстояние от центра прообраза до точки (x, y) обозначено Δx и Δy . Таким образом, коэффициент корреляции r_{ij} – есть функция от компонент перемещений (u, v) и градиента перемещений $\frac{du}{dx}, \frac{du}{dy}, \frac{dv}{dx}, \frac{dv}{dy}$.

Для того чтобы восстановить исходное изображение, т.е. осуществить интерполяцию значений, необходимо пропустить полученные данные через фильтр высоких частот:

$$G_\sigma(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2} = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \frac{x^2}{2\sigma^2} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \frac{y^2}{2\sigma^2} \right). \quad (4)$$

Алгоритм. На основе данного метода разработан алгоритм по оценке эффективности анализа данных ДЗЗ. Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. выбор фрагмента изображения $M \times M$;
2. вычисление функции взаимной корреляции $M \times M$;
3. нахождение максимума корреляционной функции r_{ij} ;
4. применение фильтра высоких частот G_σ .

Эксперимент. В качестве образца взято монохромное изображение размером 1800×1600 пикселей. Для тестирования использовался компьютер со следующими техническими характеристиками:

- процессор: Intel Core i5 3.2 ГГц;
- объем оперативной памяти: 8 ГГБ;
- графический адаптер: ASUS GeForce GTX 560.

На рисунке приведена временная оценка работы алгоритма. Рисунок показывает невысокие временные затраты, что позволяет сделать вывод об эффективности алгоритма.

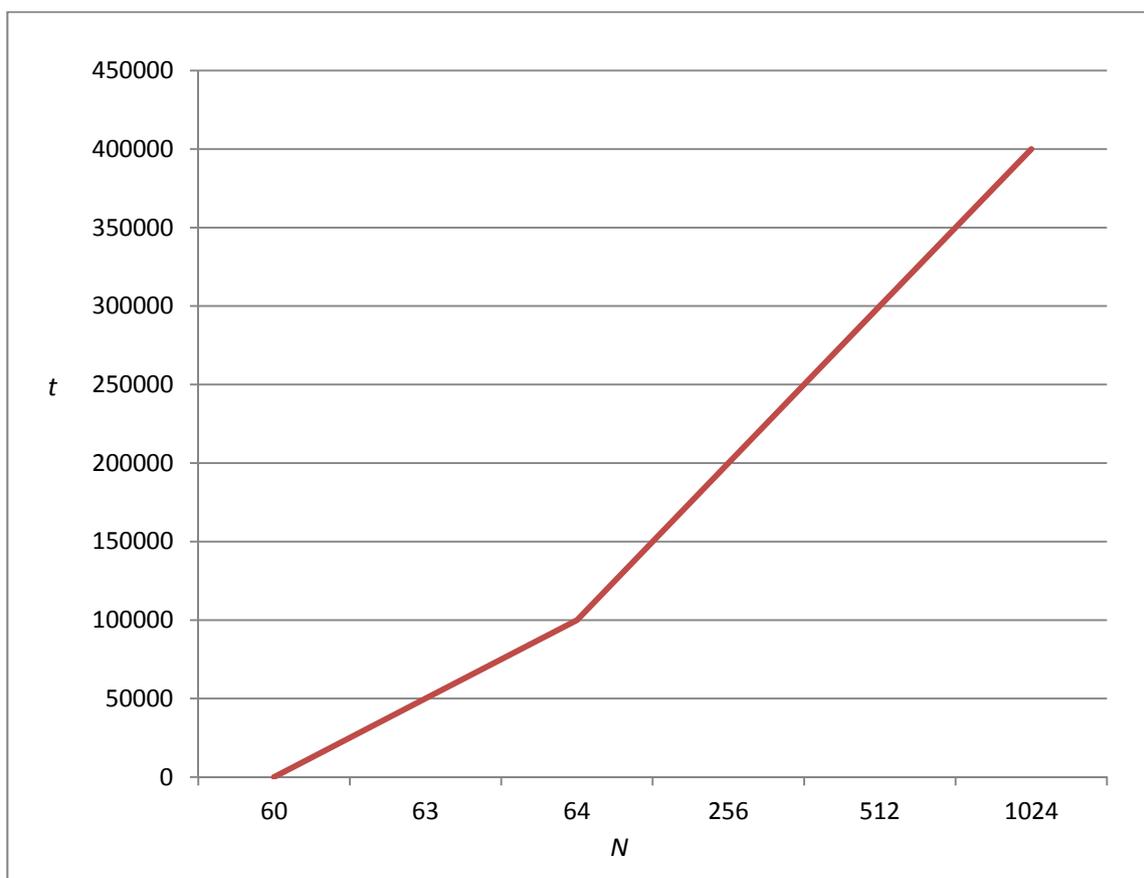


Рисунок. Временная оценка работы алгоритма

Выводы. Промежуточным результатом работы стали исследования, проведенные в данной работе. Основным результатом работы стал разработанный в ходе исследования алгоритм, и проведенные в последующем оценки позволили сделать выводы о перспективности применения графических ускорителей для анализа эффективности данных ДЗЗ.

Литература

1. Воронков Ю.С. Летательный аппарат для доставки спасательных средств // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 1. – С. 15–18.
2. Лысенко Л.Н. Наведение и навигация баллистических ракет: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 672 с.
3. Алешин Б.С., Суханов В.Л., Шибяев В.М. Обеспечение безопасности полетов беспилотных авиационных систем в едином воздушном пространстве // Ученые записки ЦАГИ. – 2011. – № 6. – Т. 42. – С. 73–82.
4. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

УДК 622.279:504

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ В СИСТЕМАХ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТА ГАЗА И СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ, КАК ИСТОЧНИКОВ СЫРЬЯ

У.М. Кононова¹Научный руководитель – к.х.н., доцент Р.Ф. Юльметова¹¹Университет ИТМО

Работа посвящена исследованию наилучших доступных технологий при разработке скважин, добыче и транспортировке газа. Изучены методы борьбы с образованием гидратов при добыче газа, а также новейшие технологии по промышленному применению газовых гидратов как в сфере безопасности транспортировки, так и в целях экономического развития газовой отрасли.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, газовые гидраты, метанол, гидратное состояние.

Подготовка к транспорту добытого природного газа, как правило, сопровождается процессом гидратообразования. Для его предотвращения в системах добычи, сбора и подготовки газа используются различные ингибиторы гидратообразования, причем в северных условиях в настоящее время применяется только метанол, так как он обладает высокой степенью понижения температуры гидратообразования и способностью быстро разлагать уже образовавшиеся газогидратные пробки. На практике фактический расход метанола на газодобывающих предприятиях часто завышен (в ряде случаев на 15–20% и более) из-за нерационального использования [1–3].

Следовательно, в газодобывающих предприятиях необходимо нормировать потребление метанола. Разработав правильный подход, предприятие сможет проводить точные технологические расчеты, а также выявить и устранить причины потребления большого количества метанола.

Газовые гидраты – твердые кристаллические соединения, внешне похожие на лед или снег. Образуются при определенных термобарических условиях из воды и низкомолекулярных газов. Газовые гидраты формируются при высоком давлении и низкой температуре. При повышении температуры или при понижении давления гидрат разлагается на газ и воду.

В газодобывающих предприятиях гидраты могут образоваться:

- на штуцерах после редуцирования газа;
- в обвязке до сепараторов при интенсивной теплоотдаче от газового потока;
- в сепараторах, если давление в них значительно превышает равновесное давление гидратообразования;
- в камерах замерного участка;
- в шлейфах – газопроводах, подключающих скважины к промысловому газосборному коллектору;
- в промысловом газосборном коллекторе в местах резкого изменения скорости газового потока;
- на концевых линейных кранах.

Существует множество методов предупреждения образования гидратов, как видно на рисунке, применение того или иного метода зависит от условий и места образования гидрата в технологической системе добычи и транспорта природного газа. Наиболее применяемыми методами являются:

1. осушка методами адсорбции, абсорбции и низкотемпературной сепарацией (НТС);
2. поддержание температуры газового потока выше температуры образования гидрата;
3. поддержание давления потока ниже давления гидратообразования;
4. ввод ингибитора.



Рисунок. Схема методов предупреждения гидратообразования

Наиболее рациональным и менее затратным методом является ввод ингибитора. Сущность метода заключается в следующем – ингибитор, вводимый в поток газа, поглощает парообразную влагу и вместе со свободной водой, сконденсировавшейся в результате охлаждения газа, образует раствор. Упругость паров воды, а соответственно, и температура точки росы снижаются. При этом понижается равновесная температура гидратообразования. Ввод ингибитора в трубопровод широко применяют на магистральных газопроводах и технологических трубопроводах компрессорных станций.

В качестве ингибитора применяют метанол, раствор диэтиленгликоля (ДЭГ), триэтиленгликоля (ТЭГ) и раствор хлорида кальция. Самым эффективным является метанол, так как он обладает высокой степенью понижения температуры гидратообразования и способностью быстро разлагать уже образовавшиеся гидратные пробки.

После разложения гидратов учитывают следующее: возможность накопления жидких углеводородов на продуваемом участке и образование повторных гидратоледяных пробок за счет резкого снижения температуры.

При отрицательных температурах по методу снижения давления в некоторых случаях не получают должного эффекта, так как вода, образовавшаяся в результате разложения гидратов, переходит в лед и образует ледяную пробку. В этом случае метод снижения давления используют в комбинации с вводом в трубопровод ингибиторов. Количество ингибитора должно быть таким, чтобы при данной температуре раствор из введенного ингибитора и воды, получившийся при разложении гидратов, не замерзал.

На объектах газовой промышленности разрешается использовать метанол только как средство предотвращения или разрушения кристаллогидратных пробок в аппаратах, приборах и газопроводах, а также для обработки призабойных зон газовых скважин.

Для минимизации расхода метанола (с соответствующим снижением воздействия на окружающую среду) необходима технология предупреждения гидратообразования, реализуемая интеллектуальной автоматизированной системой управления технологическими процессами (АСУ ТП). Суть заключается в том, что метанол подают в поток газа только тогда, когда начинается процесс гидратообразования, и в необходимых количествах. Для этого следует контролировать ход реальных процессов с их параллельным моделированием. Это обеспечит минимально возможный расход

метанола за счет высокой точности и скорости определения момента начала гидратообразования.

Решение такой задачи возможно путем сравнения в реальном масштабе времени фактической температуры транспортируемого газа от сепаратора первой ступени до низкотемпературного сепаратора с высокоточной моделью этой температуры. Для этого система измеряет в реальном масштабе времени давление, температуру и расход газа на линиях установки комплексной подготовки газа (УКПГ) и передает их в базу данных интеллектуальной АСУ ТП. Синхронно АСУ ТП измеряет температуру и давление газа на входе в УКПГ.

АСУ ТП УКПГ представляет собой распределенную информационно-управляющую систему (ИУС) для технологических объектов УКПГ с разделением функций контроля и управления между цеховыми подсистемами, локальными системами автоматического управления вспомогательными объектами и автоматизированного рабочего места оператора УКПГ.

Назначение АСУ ТП УКПГ:

1. обеспечение высоких технико-экономических показателей работы УКПГ за счет автоматизированного поддержания наиболее рационального режима работы технологического оборудования в рамках заданных плановых и технологических ограничений;
2. обеспечение высокого уровня безопасности технологических процессов подготовки газа;
3. обеспечение передачи точной, достоверной и оперативной информации на верхний уровень ИУС промысла о работе установки подготовки газа;
4. автоматическое поддержание качества подготовки газа;
5. уменьшение технологических и трудовых затрат на подготовку газа за счет:
 - автоматизированного поддержания наиболее рационального технологического режима установки в рамках заданных плановых и технологических ограничений с возможно меньшим количеством оперативного персонала;
 - увеличение межремонтного периода работы технологического оборудования;
 - предотвращение поломок технологического оборудования;
 - экономия химреагентов, материальных и энергетических ресурсов;
 - уменьшение трудозатрат оперативного эксплуатационного персонала в результате автоматизации функций контроля и управления технологическими процессами и оборудованием;
6. автоматическая защита объектов управления в аварийных ситуациях за счет соблюдения технологического регламента работы установок с помощью автоматических систем регулирования и управления, предотвращения аварийных ситуаций и последующего анализа их происхождения;
7. обеспечение экологической безопасности работы технологических объектов за счет минимизации экологически вредных стоков на площадке и выбросов газа в атмосферу;
8. повышение эксплуатационной надежности объектов управления в аварийных ситуациях.

При вводе АСУ ТП в газодобывающие предприятия возможно уменьшить нерациональное использование метанола на 15–20%, тем самым сократить негативное воздействие на окружающую среду от сжигания водометанольного раствора на факеле.

Далее рассмотрим, какие же существуют способы промышленного применения газовых гидратов.

Мировые запасы сланцевого газа оцениваются приблизительно в 200 трлн м³, традиционного газа (в том числе и нефтяного попутного) – в 300 трлн м³. Но не многие знают, что на дне океанов и в вечной мерзлоте существует огромное количество газа в

виде гидратов. Их запасы определить точно пока сложно, однако, по средней оценке, там находится порядка 100 квадриллионов м³ метана. Таким образом, запасы газа в виде гидратов в сто раз больше, чем сланцевого и традиционного газа вместе взятых.

При температуре в 0°C гидрат метана будет стабильным при давлении в 2,5 МПа. Температура воды вблизи дна морей и океанов составляет строго +4°C – при таких условиях вода имеет наибольшую плотность. При этой температуре необходимое для стабильного существования гидрата метана давление будет уже вдвое выше, чем при 0°C и составит 5 МПа. Соответственно, гидрат метана может залегать только при глубине водоема более 500 м, так как приблизительно 100 м воды соответствуют давлению в 1 МПа.

С учетом огромных запасов газовых гидратов, интерес к ним в настоящее время весьма велик – ведь океан является нейтральной территорией и любая страна может начать добычу природного газа из природных ископаемых такого типа. В связи с этим весьма вероятно, что в недалеком будущем газ из гидратов будет основным топливом, если удастся разработать рентабельный способ его добычи. И, как уже известно в марте 2013 года японская компания впервые во всем мире смогла добыть газ из слоя гидратов с океанского дна, на глубине примерно 1000 м. Министерство экономики промышленности поставило цель утвердить технологию добычи уже к 2018 году и начать производство топлива в Японии.

Однако добыча природного газа из гидратов – задача сложная. Добывать газовые гидраты его в традиционном смысле нельзя: слой гидратов расположен на океанском дне, и просто пробурить скважину – недостаточно. Необходимо разрушить гидраты.

Это можно сделать либо понизив каким-то способом давление (первый способ), либо нагреть чем-то породу (второй способ). Третий способ предполагает сочетание обоих действий. После этого необходимо собрать выделившийся газ. И естественно недопустимо попадание метана в атмосферу. Теоретически возможно применение ингибиторов (тех же, что используются в газопроводах).

В России наличие газогидратов подтверждено на дне озера Байкал, Черного, Каспийского и Охотского морей, а также на Ямбургском, Уренгойском, Мессояхском месторождениях.

Также большое число месторождений газогидратов находится на всей площади арктического шельфа России.

Наша страна является крупным экспортером газового топлива в индустриально развитые страны, такие как Япония, Китай, Индия и большинство стран Центральной и Западной Европы. Доставка природного газа в некоторые страны осуществляется в сжиженном виде, для большего качества и безопасности транспортировки ученые предлагают перевозить газ в гидратном состоянии. При этом одновременно будет производиться доставка пресной воды при перевозке морским транспортом.

Согласно предложенной схеме, наработка гидрата осуществляется в специальном реакторе при +1,1°C и давлении 3,9 атм. Во втором реакторе, куда с помощью транспортной ленты подается гидратный шлам, происходит при 7,2°C и давлении 4,7 атм разложение гидрата с выделением чистой пресной воды (растворенные в морской воде соли в гидратную решетку, как известно, не проникают). Этим способом возможно опреснить 40% загруженной в первый реактор морской воды.

И последнее – захоронение парниковых газов в форме кристаллогидратов.

Технология добычи метана из газогидратных залежей на шельфе путем замещения этого газа углекислотой может решить сразу две важнейшие проблемы глобального характера – добывать метан и одновременно утилизировать CO₂.

Необходимо сосредоточить внимание на разработке технологий по добыче газа из гидратов, что обеспечит уменьшение потерь газа в процессе добычи и подготовки газа, а также сокращение использования ингибиторов.

Литература

1. Бухгалтер Э.Б. Метанол и его использование в газовой промышленности. – М.: Недра, 1986. – 238 с.
2. Истомин В.А., Сулейманов Р.С., Бурмистров А.Г. Пути сокращения расхода ингибиторов гидратообразования в системах подготовки газа. – М.: ВНИИЭГазпром, 1987. – 48 с.
3. Минигулов Р.М., Лебенкова И.В., Баскаков А.П., Истомин В.А., Квон В.Г. Предупреждение гидратообразования в системах сбора и промышленной подготовки газа // Газовая промышленность, спецвыпуск «Газовые гидраты». – 2006. – С. 62–64.

УДК 004.42

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СОВМЕСТНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ПЛАТФОРМЕ OPEN EDX

Д.С. Копылов¹, А.В. Лямин¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрено проектирование модуля для реализации совместной проектной деятельности обучающихся. Приведены причины проектирования модуля, выбор платформы онлайн-обучения, роли пользователей и сценарии использования, модель данных и описание пользовательских интерфейсов. Использование данного модуля позволит автоматизировать организацию на платформе Open edX курсов с применением проектного подхода.

Ключевые слова: самооценивание, взаимное оценивание, метод проектов, MOOC, SPOC, смешанное обучение.

Введение. Одним из популярных трендов последних лет в области образования являются массовые открытые онлайн-курсы (MOOC). Появившись в 2012 году, они задали новый вектор в области образования. Одной из самых популярных площадок MOOC-курсов является edX, основанная в США Массачусетским институтом технологий и Гарвардским университетом. Отличительной особенностью данной платформы является то, что на базе ее разрабатывается свободно-распространяемое программное обеспечение Open edX [1]. Также эта платформа предоставляет широкие возможности по интеграции новых видов обучающихся и аттестующих элементов – каркас программирования XBlock. Помимо MOOC-курсов платформу Open edX возможно использовать и для смешанного обучения.

Платформа Open edX предоставляет многочисленные типы задач для автоматического проведения аттестующих мероприятий. Но одна из задач, которую нельзя решить имеющимися средствами, является задача оценивания обучающихся при совместной проектной деятельности [2]. Такой тип задач крайне необходим при обучении специалистов в сфере информационных технологий, особенно обучении работе в команде.

Разработчиками Open edX для поддержки курса «Social Learning for Social Impact» [3] был разработан модуль для платформы, который позволяет слушателям в рамках курса создавать свои команды, присоединяться к уже созданным командам и общаться в команде [4]. Но функционально данный модуль ограничивается исключительно возможностью общения слушателей на форуме и не предоставляет никаких дополнительных возможностей. Слушатели могут просматривать список уже созданных команд, разделенный на темы, например, экономика, политика и т.д. Также у каждой команды можно задать язык общения и страну.

Платформа Open edX разработана с использованием языка программирования Python, каркаса программирования Django. Клиентская часть разработана с использованием технологий HTML5, CSS3 и JavaScript. Модули XBlock также должны быть разработаны с применением данных технологий и языков программирования.

Для реализации совместной проектной деятельности на платформе Open edX необходима разработка нового типа задачи с использованием XBlock. В настоящей работе описано проектирование модуля, позволяющего автоматизировать реализацию совместной проектной деятельности обучающихся на платформе Open edX.

Сценарии использования. На первом этапе проектирования модуля определены роли пользователей и сценарии использования. Всего предложено три роли: преподаватель, обучающийся и эксперт (рис. 1). При создании задачи преподаватель наполняет ее заданиями, устанавливает тип формирования команд обучающихся (самостоятельно или с помощью преподавателя) и тип разбиения заданий (по ролям или по заданиям). Обучающиеся должны либо создать свою команду, либо принять участие в уже созданной команде. После этого каждому обучающемуся предлагается выполнить задания, определенные его ролью. Обучающиеся выполняют задания, разрабатывая исходный код и отправляя его в систему контроля версий. Для этой цели к платформе Open edX должна быть подключена система управления проектами и задачами Redmine с поддержкой репозитория Git или Subversion. На основании разработанных преподавателем заданий модуль автоматически создает тикеты в Redmine. После выполнения заданий обучающиеся на основании анкет, разработанных преподавателем, должны провести самооценку своей работы, а также взаимное оценивание работ своих коллег. На последнем этапе работы обучающихся оценивают внешние эксперты. На основании самооценки, взаимного оценивания и экспертного оценивания формируется итоговая оценка каждого обучающегося.

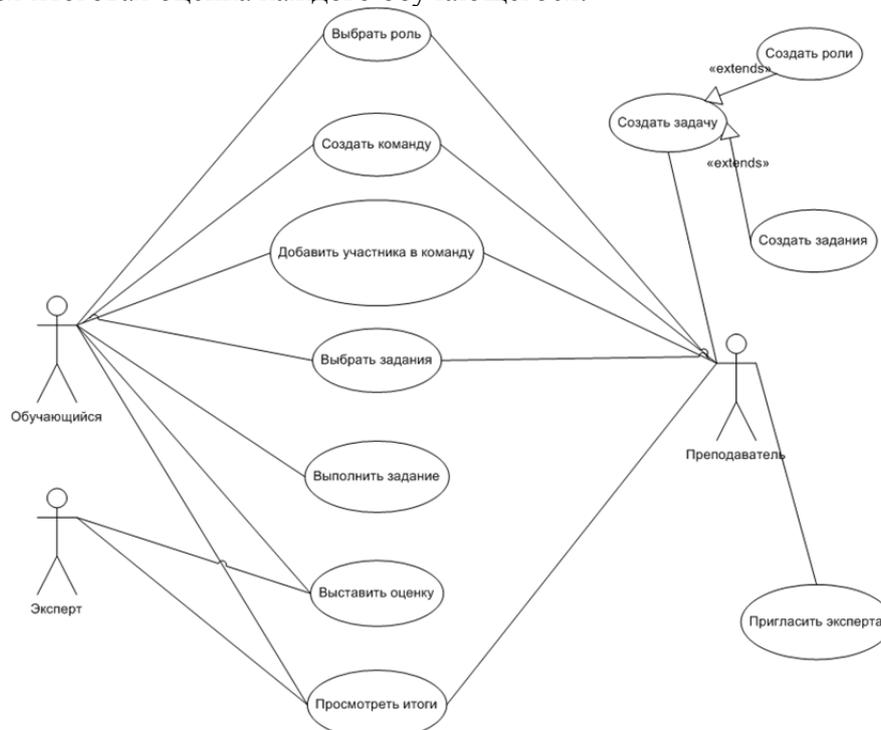


Рис. 1. Варианты использования

Модель данных. На втором этапе проведена разработка даталогической модели данных (рис. 2). В нее вошли следующие сущности: «Задача» (общее задание на проект для участников); «Роль» (в рамках одной роли участник должен выполнить несколько

заданий); «Задание» (задание участнику), «Команда» (в команду входит несколько обучающихся); «Участник» (может иметь «Роль»); «Тикет» (задание для конкретного участника, связан с тикетом в Redmine); «Оценка» (выставленная при самооценивании, взаимном оценивании и экспертном оценивании) и «Эксперт» (имеет вес).

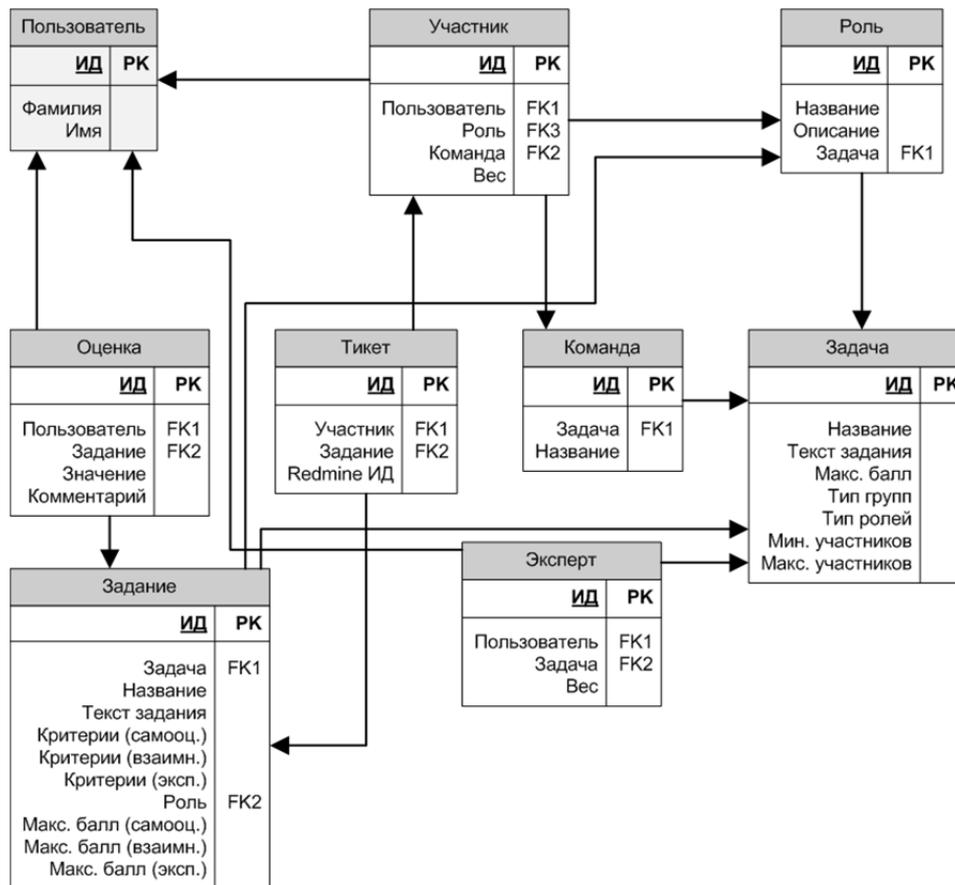


Рис. 2. Модель данных

Пользовательские интерфейсы. На третьем этапе спроектированы пользовательские интерфейсы. Интерфейс задания делится на 4 вкладки: «О проекте» (приведен текст задачи, сроки выполнения, список ролей и тексты заданий); «Распределение участников» (имеется возможность создания команд, их редактирования, добавление участников); «Выполнение проекта» (участники могут просматривать свои задания, выполнять их, проводить оценивание) и «Результат выполнения» (отображение итоговой информации по каждой команде, рейтинг команд, оценки участников).

Заключение. Результатом данной работы являлся проект модуля для реализации совместной проектной деятельности обучающихся. Спроектированы сценарии использования модуля, разработаны роли пользователей, разработана даталогическая модель данных, спроектированы пользовательские интерфейсы. Результаты работы будут использованы при программировании модуля и проведении исследований.

Литература

1. Копылов Д.С., Лямин А.В. Подход к использованию платформы онлайн-обучения в рамках совместной проектной деятельности // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/1739/1739.pdf>, своб.

2. Open edX | Open Courseware Development Platform [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://open.edx.org>, своб.
3. Social Learning for Social Impact | edX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.edx.org/course/social-learning-social-impact-mcgillx-groocx>, своб.
4. 10.2.1. Using Teams in Your Courses — Building and Running an Open edX Course documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://edx.readthedocs.io/projects/open-edx-building-and-running-a-course/en/latest/course_features/teams/teams_setup.html, своб.

УДК 33

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.С. Корсикова¹

Научный руководитель – к.э.н., доцент Т.Б. Пришибилович¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрены основные источники финансирования инновационной деятельности, в том числе внутренние и внешние. На основе проведенного исследования выявлено, что наиболее привлекательными источниками финансирования инновационных проектов являются банковское кредитование, венчурное и внутреннее финансирование. Однако ввиду их особенностей при наличии возможности самофинансирования, предпочтение отдается именно этому источнику.

Ключевые слова: финансирование инновационных проектов, внутренние и внешние источники финансирования, оценка источников финансирования.

В современных экономических условиях предприятиям для обладания конкурентными преимуществами, максимизации их прибыли необходимо находиться в постоянном развитии, заниматься разработкой новой продукции для наибольшего удовлетворения растущих желаний потребителя. Обеспечение удовлетворения потребности в необходимых финансовых ресурсах организации, в том числе и на ее инновационную деятельность, достигается путем использования соответствующих источников формирования этих средств и оптимизации их структуры. В основе самого финансирования лежит аккумуляция денежных средств на инновационный проект, которое невозможно осуществить без знания источников финансирования, которые подразделяются на внутренние (собственные) и внешние.

Внутреннее финансирование основывается на использовании в качестве источников финансовых средств генерируемую прибыль предприятия, возврат дебиторской задолженности, активов компании. Самофинансирование означает хорошее финансовое состояние предприятия и наличие определенных конкурентных преимуществ.

Суть использования чистой прибыли заключается в том, что нераспределенная прибыль, которая причитается собственникам в виде их дохода, может быть реинвестирована в полном объеме в данную организацию, в частности, ее инновационную деятельность, выплачена собственникам в форме дивидендов, а оставшаяся часть будет реинвестирована в развитие, инновации или полностью изъята для инвестирования в другие проекты или для личного потребления. Второй способ является самым популярным, так как представляет собой компромисс между остальными двумя.

Еще одну возможность представляет собой снижение дебиторской задолженности компании, ее возврат. Дебиторская задолженность – это сумма долгов, возникших на основании договора, и причитающихся к уплате в пользу данного предприятия. Сделка по ней состоит в том, что сначала право собственности на товар переходит от

компании-продавца к покупателю, а затем в обусловленные сроки производится их оплата. Однако не все контрагенты вносят денежные средства за товар, оказанную услугу или проведенную работу вовремя, что приводит к росту дебиторской задолженности предприятия, риска невозврата, а также отрицательно влияет на финансовое состояние организации. Таким образом, возврат долгов перед компанией повлияет на ее финансовое положение в сторону улучшения, а значит, и увеличивает финансовый потенциал инновационных проектов организации.

Также возможным источником самофинансирования могут стать активы, сформированные для реализации других проектов. Их можно использовать в данном проекте по принципу синергии.

Эмиссия акций. Предприятие может получить финансовые средства за счет продажи дополнительно выпущенных акций как посредством вкладов самих собственников предприятия, так и путем увеличения их числа. Акция – эмиссионная ценная бумага, закрепляющая права ее владельца (акционера) на получение части прибыли акционерного общества в виде дивидендов, на участие в управлении акционерным обществом и на часть имущества, остающегося после его ликвидации. Согласно российскому законодательству, акция является именной ценной бумагой [1].

В зависимости от порядка владения (способа легитимации) акции могут быть именными и на предъявителя. Все акции общества в соответствии с Федеральным Законом от 26.12.1995 № 208 ФЗ «Об акционерных обществах» являются именными, т.е. владелец каждой акции должен быть включен в реестр акционерного общества. Федеральный Закон «О рынке ценных бумаг» от 22.04.1996 № 39 разрешает выпуск акций на предъявителя в определенном отношении к величине оплаченного уставного капитала эмитента в соответствии с нормативом, установленным Федеральной комиссией по рынку ценных бумаг. Существуют акционерные общества открытого и закрытого типа. Акции каждого из них имеют свои отличительные особенности:

1. в открытых акционерных обществах акции могут быть реализованы без согласия на то других владельцев предприятия. В закрытых акционерных обществах при продаже акций нельзя забывать о преимущественном праве на их покупку тех, кто уже является акционерами организации. Этим правом владельцы могут воспользоваться в срок от 30 до 60 дней;
2. акции открытых акционерных обществ могут выпускаться как по открытой, так и по закрытой подписке. Закрытое акционерное общество может проводить только закрытую подписку, т.е. круг лиц, которым может поступить предложение о покупке акции, существенно ограничен.

Акции акционерного общества подразделяют на размещенные и объявленные. Размещенные – это акции, которыми уже владеют акционеры. Объявленными называют акции, которые организация выпускает в дополнение к выпущенным ранее (дополнительный выпуск). Также в соответствии с объемом предоставляемых прав различают обыкновенные и привилегированные акции.

При дополнительном выпуске акций стоит иметь в виду, что рост численности акционеров влечет за собой перераспределение прав собственности (изменение доли обыкновенных акций, принадлежащих каждому акционеру), а следовательно, и перемены в определении прав на получение доходов и участие в управлении компании.

Внешние источники финансирования инновационной деятельности являются важной частью системы финансового обеспечения проекта, однако, для того, чтобы была возможность ими воспользоваться, компании нужно иметь определенную инвестиционную привлекательность. Инвестиционная привлекательность предприятия – это совокупность его характеристик, оценка которых определяет решение инвесторов о предоставлении ему финансовых ресурсов [2]. Для принятия инвестиционного решения необходима объективная информация, которая формируется посредством

расчета инвестиционной привлекательности фирмы. Она вычисляется на основе оценки состояния экономического объекта, перспектив его доходности, роста и развития. Главная цель любого инвестора – это получение максимальной прибыли от вложения с учетом норматива инвестиционного риска, который каждый инвестор определяет для себя самостоятельно.

Бюджетное финансирование. В основе данного источника финансирования инновационной деятельности организации лежат принципы безвозвратности, целевого использования средств, финансирования по мере выполнения работ и соблюдения финансовой дисциплины [3].

Государственное финансирование может быть как прямым, так и косвенным.

К источникам прямого финансирования можно отнести средства федерального бюджета, бюджетов субъектов федерации и местных бюджетов. Получить их могут предприятия, находящиеся в государственной собственности, и юридические лица, участвующие в реализации государственных программ. В советское время данный вид финансирования широко использовался. С тех пор он запомнился руководителям предприятия как наиболее желаемый, ведь он является фактически бесплатным. В силу объективных причин государство со временем сужает доступ к получению бюджетного финансирования. Однако все же есть определенная заинтересованность его в поддержке инновационных проектов в связи с необходимостью:

- проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) военного назначения, в отраслях аэрокосмической техники, медицины, экологии и других сферах, приоритетных для государства;
- осуществления дорогостоящих проектов, фундаментальных исследований, за которые редко берутся коммерческие компании ввиду неясности масштаба затрат и результатов деятельности, а также длительности как самого проекта, так и его окупаемости.

Соответственно, больше вероятности получения средств от государства имеют социальные, оборонные, научные, а также инфраструктурные проекты, не имеющие возможности воспользоваться коммерческими источниками финансирования вследствие каких-либо обстоятельств.

Косвенное государственное финансирование заключается в создании благоприятных условий для НИОКР. К ним можно отнести:

1. предоставление права на ускоренную амортизацию. Заключается в том, что при ускоренной амортизации основных средств или объектов интеллектуальной собственности (коэффициент может быть не более 2) сумма отчислений увеличивается и тем самым уменьшает налогооблагаемую прибыль организации (налог на прибыль), а за счет сэкономленных средств компания может приобрести новое оборудование;
2. налоговые льготы. Это может выражаться в качестве пониженных налоговых ставок для конкретных категорий плательщиков, освобождении от налогообложения определенного вида деятельности или организации, отсрочках и в других проявлениях;
3. инвестиционный налоговый кредит. Его сущность состоит в изменении в определенных пределах сроков уплаты налогов и совершении платежей в течении этого срока с уменьшенным в конкретных пределах размером. Данное изменение возможно при наличии условий, определяемых Налоговым кодексом Российской Федерации. Последующая уплата налога осуществляется поэтапно с выплатой начисленных процентов;
4. государственные поручительства, гарантии. Заключается в обеспечении кредитов, взятых в целях реализации инновации, посредством государственного поручительства (полном или частичном).

Эмиссия облигаций и финансовых векселей. Облигация – эмиссионная ценная бумага, закрепляющая право ее владельца на получение от эмитента облигации в предусмотренный в ней срок ее номинальной стоимости или иного имущественного эквивалента [1]. Периодические выплаты доходов по ним в виде процентов называют купонными.

Финансовый вексель – это вексель, который приобретен у какой-либо организации в качестве финансового вложения за фактически уплаченные денежные средства [4].

Важной положительной особенностью облигационного займа для компании является то, что при использовании его в качестве источника финансирования инновационной деятельности организации не происходит перераспределения прав собственности, а для инвестора – обратимость этих ценных бумаг. Согласно ФЗ «Об акционерных обществах», выпуск облигаций обуславливается следующим:

1. номинал всех облигаций, выпущенных организацией, не должен быть больше величины уставного капитала или обеспечения, предоставленного для целей выпуска третьими лицами;
2. выпуск без обеспечения возможен при условии наличия двух утвержденных годовых балансов и не раньше третьего года существования предприятия;
3. выпуск облигаций возможен только после полной оплаты уставного капитала;
4. организация не вправе размещать облигации, обладающие возможностью конвертации в акции, если количество акций, на которое дает право данная облигация, больше объема объявленных акций.

Финансирование финансово-кредитными учреждениями. Кредит – это движение заемного капитала, который выдается в ссуду на условиях возвратности, срочности, платности. Данный источник финансирования инновационных проектов используется в соответствии с принципами возвратности, срочности, платности, обеспеченности, дифференцированности и целевым принципом.

Кредиторами в данном случае могут быть как банки, так и иные финансовые институты, причем условия банков, как правило, более суровые. Чаще всего средства предоставляются под конкретный проект на основании предоставленного организацией бизнес-плана, в котором обязательно должны быть указаны:

- цели кредитования;
- затраты, оплачиваемые за счет ссуды, которые должны быть подтверждены соответствующими документами;
- прогнозируемые доходы от реализации инновации, подтверждаемые маркетинговыми исследованиями, договорами предзаказов и другими документами.

Венчурное финансирование. Понятие «венчурное финансирование» образовано от английского «venture» – рискованное начинание, предприятие, что определяет суть данного источника финансирования инновационной деятельности. Характеризуется тем, что, вкладывая финансовые средства в проекты, обладающие высоким уровнем риска и неопределенностью результата, инвесторы получают взамен оговоренный пакет акций или долю в уставном капитале. Вкладчиками в данном случае могут быть как компании, так и физические лица в виде частных инвесторов и бизнес-ангелов.

Венчурное финансирование имеет свои особенности:

1. вкладчики заранее соглашаются на риск потери вложенных средств в случае неудачи проекта, учитывая при этом высокий уровень прибыли при успешной его реализации;
2. долгосрочный характер финансирования – в среднем получение прибыли на вложенный капитал происходит через 5–10 лет;
3. денежные средства вносятся в виде паевого взноса, т.е. инвесторы фактически становятся партнерами, обладающими ответственностью в объемах, ограниченных размером их вклада;

4. целью венчурного финансирования не является захват контрольного пакета акций в случае успешной реализации проекта;
5. в виду высокой рискованности инновационной деятельности высок уровень личной заинтересованности инвесторов в положительном результате, поэтому они могут оказывать различные консультационные услуги в управлении, организации осуществления проекта.

Факторинг. Факторинг – это комплекс финансовых услуг, которые банк оказывает организации взамен на уступку дебиторской задолженности. В такой комплекс могут входить учет и контроль состояния дебиторской задолженности и другая работа с дебиторами, страхование кредитных рисков, финансирование поставок товаров и другие. Последнее заключается в выплате банком досрочного платежа продавцу (50–90% от суммы поставки) сразу после выполнения им своих обязательств перед покупателем, а оставшаяся часть переведенных потребителем средств расходуется на оплату комиссии банка и перевод на счет продавца.

Форфейтинг. По своей сути форфейтинг – это преобразование коммерческого кредита в банковский, так как его применение основывается на следующем:

1. организация-покупатель с компанией-продавцом заключают контракт на поставку определенного товара, необходимого для инновационного проекта, с рассрочкой платежа. Данная задолженность может быть обеспечена векселем;
2. форфейтор выкупает у фирмы-потребителя его долговое обязательство;
3. происходит отгрузка продукции;
4. предприятие-покупатель предоставляет документы, подтверждающие отгрузку, форфейтору;
5. форфейтор осуществляет оплату стоимости товара, по продаже которого была проведена сделка, и в результате к нему переходят права кредитора, а инновационная организация со временем расплачивается с ним, уплачивая при этом оговоренную комиссию.

Лизинг. Лизинг – вид инвестиционной деятельности по приобретению имущества и передаче его на основании договора лизинга физическим или юридическим лицам за определенную плату на определенный срок на определенных условиях, обусловленных договором, с правом выкупа имущества лизингополучателя [5]. В настоящий момент существует три вида лизинга – оперативный, финансовый и обратный (основан на самостоятельной покупке оборудования предприятием, которое нуждается в нем, с последующей продажей его лизинговой компании (лизингодателю) и заключением договора аренды). Как источник финансирования инновационной деятельности чаще других используется финансовый лизинг, который обладает следующими особенностями:

- длительный срок контракта (до 10–15 лет), за который оборудование может амортизироваться полностью или в большей части;
- соглашение не может быть расторгнуто пока не завершится основной срок, за который происходит возмещение расходов лизингодателя;
- лизингополучатель обладает правом по окончании периода аренды вернуть объект его владельцу, продлить контракт, заключить новое соглашение или купить объект по остаточной стоимости.

На основе проведенного исследования можно сделать вывод о том, что наиболее привлекательными источниками являются банковское кредитование, венчурное финансирование и самофинансирование. Однако существует и несколько особенностей, которые следует учитывать при планировании финансирования проекта. Во-первых, инновационная деятельность обладает высоким уровнем риска, а, соответственно, и ставки по кредиту значительны. Во-вторых, венчурное финансирование в России только развивается и количество его источников в нашей стране пока немногочисленно по

сравнению, к примеру, с США, а значит, в привлечении таких инвесторов существует сильная конкуренция среди проектов. Исходя из этого, в виду вышеперечисленного стоит отметить, что при наличии возможности у компании самофинансирования для осуществления инновационной деятельности, предпочтение отдается именно ему.

Литература

1. ФЗ «О рынке ценных бумаг» от 22.04.1996 № 39-ФЗ (действующая редакция от 06.04.2015).
2. Голубев А.А. Финансовый менеджмент: учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 130 с.
3. Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31.07.1998 № 145-ФЗ (действующая редакция от 26.12.2014).
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.allpravo.ru/library/doc99p/instrum1145/item1390.html>, своб.
5. ФЗ «О финансовой аренде (лизинге)» от 29.10.1998 № 164-ФЗ (действующая редакция от 23.12.2003).

UDC 504.06+338.3

BEST AVAILABLE TECHNOLOGIES ROLE IN THE EFFECTIVE FUNCTIONING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Т.С. Кочегарова¹, Д.И. Гуржеева¹

Научный руководитель – Senior Lecturer А.В. Домбровская¹

¹ITMO University

In conditions of modern innovative development of economy achieving the sustainable development can only be provided by ensuring the effective functioning of the domestic industrial enterprises. Effective enterprises functioning can be achieved by means of best available technologies implementation. It is necessary to consider in detail the concept of best available technologies to successfully apply these technologies. The concept of best available technologies has been considered. **Key words:** best available technologies, sustainable development, effective functioning, industrial enterprises, concept.

Accelerated development and transition of the Russian economy to the innovative type of development is a priority for modern society. However, achieving these goals can only be done while ensuring the effective functioning and sustainable development of the country's industry. In turn, the development of the industrial sector is entirely dependent on the effective functioning of the primary units of the economic system that is enterprises. Industrial enterprises are the foundation of the national economy and are the main stimulus of its development because it is the level of industrial enterprises development that allows to estimate the economic stability and independence of the country, as well as its technical and industrial potential.

Unfortunately to date, the domestic economy continues as usual have a strong performance in the commodity sector, while the manufacturing and processing sector remain at a low level. This leads to a number of negative consequences, among which are the reductions of the production modernization level, a slowdown in innovative development of the country, the establishment of additional import barriers and ultimately the reduction of the efficiency of production, in general.

The main challenges faced by any modern enterprise are the following: improving resource efficiency, energy efficiency, import substitution support, increasing the competitiveness of production, modernization of fixed assets, greening of production, etc. In our opinion, the transfer of Best Available Technologies (BAT) can allow to solve most of the

above-mentioned challenges, thus ensuring the effective functioning of the industry and the sustainability of their development.

According to the definition of BAT these technologies are determined on the basis of modern science and technology and the best combination of criteria to achieve environmental objectives, subject to availability of technical possibility of application [1]. Basic criteria for BAT as follows:

- rational consumption of raw materials and water (resource);
- high efficiency;
- use of low-waste processes;
- use of substances in processes which are the least hazardous to humans and the environment;
- reducing of accident probability;
- reuse of materials used in manufacturing processes;
- economic viability for the industry.

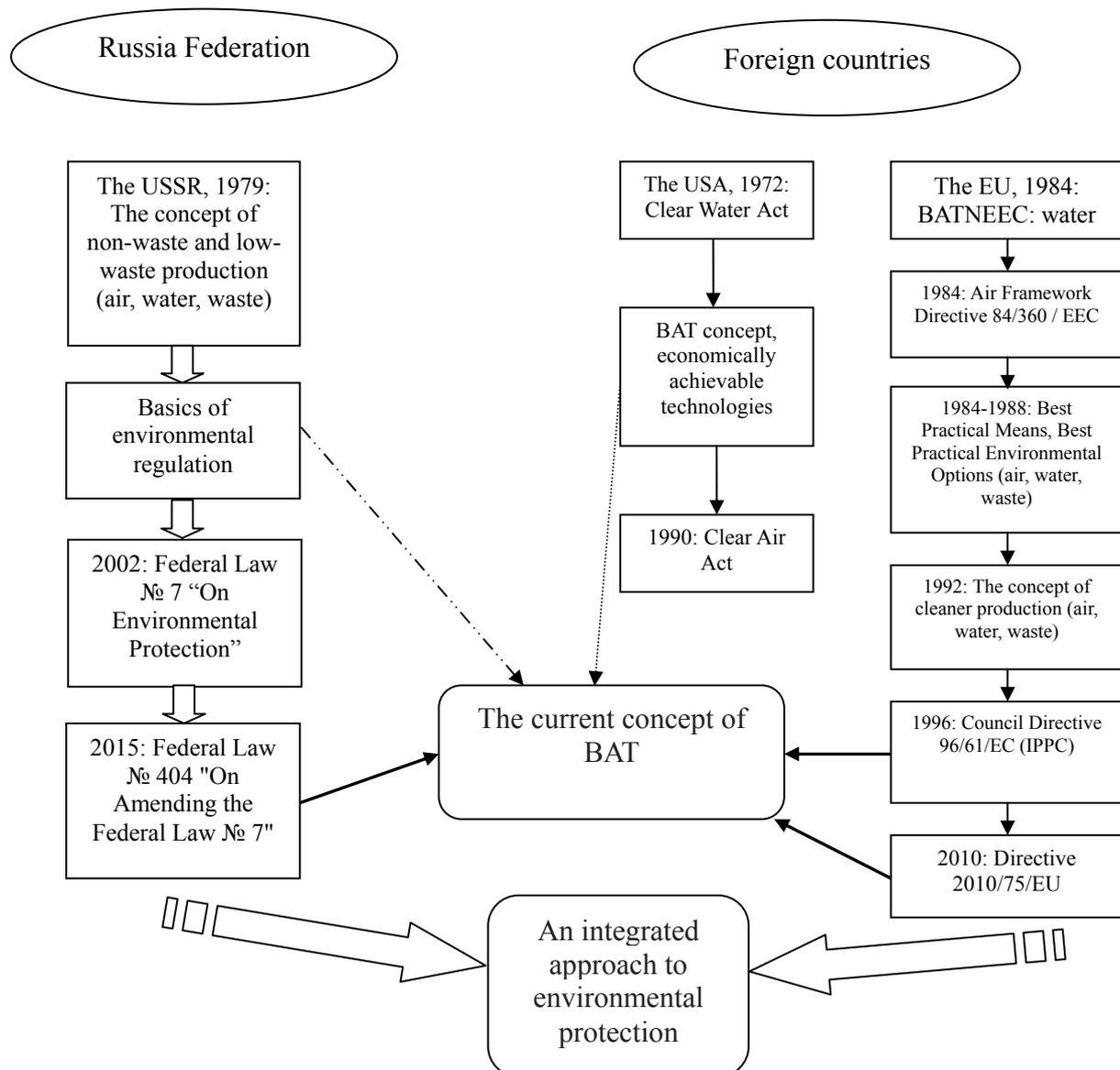


Figure. BAT concept: evolution of the development [2]

Taking this into account we can suggest that BAT have sophisticated and important role in the effective functioning and sustainable development of industrial enterprises [3] because they can provide the modernization of fixed assets, the innovative development of technology

and production methods as well as increase resource, energy and total efficiency of production.

So, consider in more detail the evolution of BAT concept. In general, the concept of best available technologies began to spread in Russia lately and has been considered by different stakeholders almost from opposing points of view. Only in 2014, this concept was included in domestic legislation [3]. The Figure shows us the development of BAT concept.

The first prerequisite to the emergence of BAT concept formulation has been applied in the European Union Directive (Council Directive 96/61/EC (IPPC) [4]) for the formation of the concept of complex regulation to control the negative impact on the environment. Council Directive 96/61/EC was adopted in 1996, and then it has been amended. The 2008 version reflected normalization of greenhouse gas emissions which are not included in the trading quota scheme. Next document related to the BAT became Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). Directive 2010/75/EU, in fact, has become the main legislative EU document establishing mandatory application of BAT for the industries which are the main polluters of the environment and involve in the production of significant quantities of raw materials and energy resources.

BAT in the European practice is applied and is defined as the most effective and modern development for different types of activities, processes and methods of operation which indicate the feasibility of the use of specific technologies as a basis for establishing regulation for emissions, discharges (pollutants) into the environment in order to prevent pollution, or when it is impossible to prevent, to minimize discharges into the environment as a whole [4].

European experience in the application of BAT is directly connected with the implementation of integrated system of environmental regulation for key environmental polluters in the European Union's Member States. Thus in Directive 2010/75/EU the technology is considered in its broadest sense, as a combination of processing manufacturing methods, condition changes, properties, shape, raw material used in the production process for finished products. In this case, BAT is more close to the term "techniques". In the Russian practice a different approach to this problem exists.

On the one hand, a number of experts mention the best available technology referring to the latest solutions to protect one of the environmental media, or to solve a particular problem. On the other hand, some authors consider BAT as a tool for solving these complex issues. This difference appears due to the problem history and the evolution of the BAT concept. Also it can be connected to the fact that the attractiveness of the idea of the BAT implementation to ensure a high level of environmental protection is applied to a variety of industries, including housing and municipal services, electricity, heating networks, etc. [5].

In the United States the concept of BAT began to develop in 1972. In the framework of the Clean Water Act in relation to organize sources of discharges, government began to bring a claim of wastewater treatment in accordance with the best available techniques. Analyzing the academic publications of that time and guidelines for professionals to develop materials for obtaining permission, they talked about sewage treatment technologies, as well as key processes, as a result of which the Water Act was adopted. During this period a number of definitions, explanations, and the criteria of BAT were formed, some of them being mentioned today [2].

In 1984 the concept of Best Available Technique Not Entailing Excessive Costs (BATNEEC) was developed. This concept was worked out in pursuance of the Air Framework Directive 84/360/EEC, which was dedicated to the reduction of air pollution from industrial plants. This concept has received widespread discussion. First of all, it is essential to underline the development of a methodology, to identify and clarify the level at which a particular company or industry should consider the problem of costs admission or reduction [2]. It was in the 1980s when international experts began to emphasize the importance of implementation of BAT in industrial production as the modernization of tools.

Best Practical Means and Best Practical Environmental Options became a proliferation of such instruments in the period 1984–1988 years. These concepts have been in use currently to a certain extent, and for most enterprises provide moderate or negligible impact on the environment. It should be noted that the original concept of the best practical environmental solutions requires a search of methods set that allow to reach a high level of environmental protection.

Nowadays in the process of identifying the best available technologies more and more attention is paid to management systems. So almost all businesses sectors urged to develop environmental management system, as well as energy management systems that allow to take into account environmental priorities and energy efficiency in the planning and implementation of any organization [5]. Meanwhile in our country BAT is considered to be the stimulating innovation rather than just in connection with the environmental protection. And it really makes sense, since the level of Russia innovative development is not too high compared with the developed countries. The science and technology have a direct impact on the modernization of the industry, concerning different consequences.

It should be emphasized that in the EU rationing impact on the environment on the basis of the BAT concept extends to more than 52 000 enterprises. Transition to BAT in the EU took about 16 years. Over the years accumulated experience can be defined as follows: the best available technologies which are implemented in the framework of the requirements of the directive on Integrated Pollution Prevention and Control and the subsequent related directives have become effective instrument for significant reducing the negative economy impact on the environment and increasing the resource and energy efficiency [2].

To meet the Federal Government Act from March 19, 2014 № 398 – r "Approval of the complex measures aimed at avoiding the use of outdated and inefficient technology, the transition to the principles of best available technologies and the implementation of modern technologies" the Bureau of the best available technologies (Bureau of BAT) was formed to coordinate the technical working groups engaged directly on the development of modern technological activities. It is believed that the gradual development and approval of rules and regulations in the field of natural resources, in terms of the use of references will enable the industry to gradually adapt to the new technologies (i.e., enterprises will be able to implement the technology before their application becomes mandatory) as well as serve as an effective tool to reduce the negative impact on the environment through the introduction of the highest achievements of science and technology during the transition to advanced technologies.

Thus, BAT can be regarded as one of the key indicators of effective functioning of industrial enterprises and their sustainable development, directly related to the resource and energy efficiency and environmental performance of the enterprise. These technologies can reduce the burden on the environment by reducing emissions, discharges of pollutants, waste disposal and the humiliation of the soil and reduce resource consumption by industries that provide environmental sustainability. Economic sustainability is determined by the reduction of fees for environmental pollution, raw materials costs, reducing of the economic impact of environmental risks. Social sustainability will be implemented to improve the quality of the environment and other indirect externalities.

References

1. Lesley J. Talking about the environmental effects of industrial installations: the European Directive on Industrial Emissions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.omgevingsrecht.be/event/talking-about-environmental-effects-industrial-installations-european-directive-industrial-emi>, своб.
2. Guseva T., Begak M., Molchanova Ya., Averochkin E. Integrated pollution prevention and control: current practices and prospects for the development in Russia // Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining. – 2014. – V. 2. – P. 391–398.

3. Василенок В.Л., Кочегарова Т.С. Наилучшие доступные технологий в управлении экологическими рисками в целях обеспечения устойчивого развития предприятий отечественной металлургии // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент, 2014. – № 4(19). – С. 66–75.
4. Reference documents under the IPPC Directive and the IED [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>, своб.
5. Аверочкин Е.М. Инструменты экологического нормирования предприятий по производству керамических изделий (на примере национальных стандартов по НДТ): автореф. ... дисс. канд. экон. наук. – М., 2015. – 19 с.

УДК 62-5

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ФАЗОВРАЩАТЕЛЕМ ИНЖЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

К.П. Кошелев¹, Д.Н. Герасимов¹

¹Университет ИТМО

В работе была построена трехканальная система управления, состоящая из управления соотношением воздуха и топлива, управления крутящим моментом и системой управления фазовращателем. Полученная система позволяет уменьшить отклонения соотношения топливно-воздушной смеси, поддерживать желаемый крутящий момент в двигателе внутреннего сгорания и обеспечивает экономию топлива. Система управления синтезирована методами оптимального управления.

Ключевые слова: алгоритмы управления, оптимальное управление.

Поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) в настоящее время остаются наиболее экономичными тепловыми двигателями, и поэтому они находят широкое применение во всех сферах деятельности человека. Практически все ДВС работают на продуктах переработки нефтегазовой отрасли, которые являются невозобновимыми ресурсами, что, естественно, приводит к постоянному росту цен на топливо. С другой стороны, в связи с постоянным ростом количества автомобилей, увеличивается загрязнение окружающей среды выхлопными газами, и поэтому возникает необходимость совершенствования ДВС. Модернизация двигателей идет по двум направлениям – изменение конструкции двигателя и изменение систем управления двигателем. Предлагаемая работа была посвящена синтезу алгоритмов управления ДВС [1, 2].

В работе ставилась **цель** – синтезировать систему управления, способную поддерживать заданное значение крутящего момента при минимальном расходе топлива. Для этого построен трехканальный регулятор для ДВС, который будет включать систему управления фазовращателем, систему управления дроссельной заслонкой, и систему управления впрыском топлива.

Цель регулятора, управляющего дроссельной заслонкой – обеспечение желаемого крутящего момента:

$$|M(k)^* - M(k)| \leq \Delta_m \forall k > T_m, \quad (1)$$

где $M(k)$ – крутящий момент двигателя; Δ_m – максимально допустимое отклонение для крутящего момента; k – дискретный шаг модели, соответствующий четверти оборота коленчатого вала; T_m – время переходного процесса в канале управления моментом.

Цель регулятора впрыска топлива, управляющего топливной форсункой, – поддерживать соотношение смеси топлива и воздуха в цилиндре на стехиометрическом уровне:

$$|\lambda(k)^* - \lambda(k)| \leq \Delta_\lambda \forall k > T_\lambda, \quad (2)$$

где $\lambda(k)$ – соотношение масс воздуха и топлива; Δ_λ – максимально допустимое отклонение соотношения масс воздуха и топлива; k – дискретный шаг модели,

соответствующий четверти оборота коленчатого вала; T_λ – время переходного процесса в канале управления соотношением воздуха и топлива.

Цель регулятора фазовращателя – минимизировать расход топлива. Для этого используется следующий критерий:

$$J = \frac{1}{2} P^2 + \frac{1}{2} C^2, \quad (3)$$

где P – давление во впускном коллекторе; C – положение фазовращателя. Данный критерий был выбран из того, что для минимизации расхода топлива можно минимизировать давление воздуха, поскольку регулятор топливной форсунки поддерживает соотношение воздуха и топлива на выбранном уровне.

Для решения этих задач построена модель двигателя. Данная модель включает модель, определяющую значения крутящего момента, давление в двигателе, а также соотношение масс топлива и воздуха в цилиндре. Для построения моделей используются данные, полученные с двигателя V8 объемом 6000 см³ в ходе теста FTP 18.

Математическая модель для определения соотношений масс воздуха и топлива представлена следующими уравнениями:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{z^m} \sum w_i(z, k-m) [\xi_i(k-m) \Delta_f(k-m)], \quad (4)$$

где $W(z, k)$ – передаточные функции, описывающие динамику осаждения топлива на стенках коллектора; ξ_i – вектор, описывающий нелинейность наполнения цилиндров; k – дискретный шаг модели; Δ_f – ширина открытия топливной форсунки.

$$\xi = [\omega, C, P, \omega C, \omega P, CP, \omega^2, C^2, P^2, 1]. \quad (5)$$

Передаточная функция $W_i(z, k)$ описывает динамику осаждения и испарения топлива на стенках коллектора.

$$W_i(k, z) = \frac{z^n b_i}{z^n + a_{n-1}(k)z^{n-1} + \dots + a_1 z + a_0}. \quad (6)$$

Коэффициенты b_i и a_n являются неизвестными параметрами и находятся с помощью метода наименьших квадратов с использованием данных с двигателя.

Регулятор топливной форсунки строится с помощью метода инверсной динамики. Инверсная модель также как и прямая представляется в виде передаточной функции.

$$\Delta_f(k-m) = \sum Y(z) \left[\frac{\xi_i(k-m)}{\lambda^*} \right], \quad (7)$$

где λ^* – требуемое соотношение топливо-воздушной смеси; z – оператор задержки; $Y(z)$ – инверсная передаточная функция, описывающая динамику осаждения топлива на стенках коллектора; ξ_i – вектор, описывающий нелинейность наполнения цилиндров; k – дискретный шаг модели. Вектор ξ совпадает с вектором прямой модели. Передаточная функция $Y(z)$ является инверсией передаточной функции $W(z)$ из прямой модели.

Для более точной работы регулятора добавляется адаптивная стабилизация путем идентификации параметров модели во время работы регулятора.

На рис. 1 приведены результаты работы регулятора.

В результате работы регулятора соотношения масс воздуха и топлива стабилизируются на стехиометрическом уровне.

Модель крутящего момента представлена следующим уравнением:

$$M = \frac{V_d Q_{HV}}{4\pi R T_m F_s} \eta_f(\omega) \varphi_3(\lambda) \varphi_4(\theta_{ign}) P - M_F, \quad (8)$$

где η_f – эффективность сгорания топлива; F_s – оптимальное соотношение воздух/топливо (В/Т) в цилиндрах; Q_{HV} – удельная теплота сгорания топлива; λ –

коэффициент избытка воздуха; θ_{ign} – угол опережения зажигания; $\varphi_3(\lambda)$, $\varphi_4(\theta_{ign})$ – эффективности момента по коэффициенту избытка воздуха и углу опережения зажигания соответственно, которые могут быть найдены как теоретически, так и экспериментально; M_F – момент сил трения, определяемый эмпирической зависимостью:

$$M_F = c_0 + c_1\omega + c_2\omega^2, \quad (9)$$

где c_0, c_1, c_2 – постоянные коэффициенты.

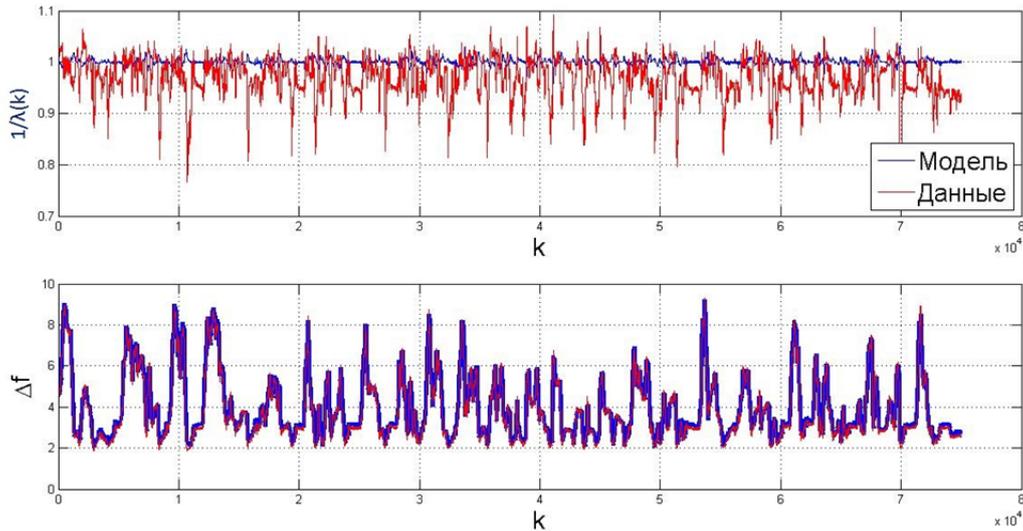


Рис. 1. Результаты работы регулятора топливной форсунки

В целях синтеза регулятора сформируем эталонную модель:

$$\dot{M}_ж = -\rho M_ж + \rho M^*, \quad (10)$$

где M^* – задающее воздействие; $\rho > 0$ – параметр эталонной модели, определяющий быстродействие замкнутой системы после адаптивной настройки регулятора. Применим закон управления вида:

$$\varphi_2(\alpha) = r\varepsilon \quad (11)$$

$$\dot{r} = -\sigma r + \gamma\varepsilon^2, \quad (12)$$

где $\gamma, \sigma > 0$ – константы.

На рис. 2 приведены результаты работы регулятора дроссельной заслонки.

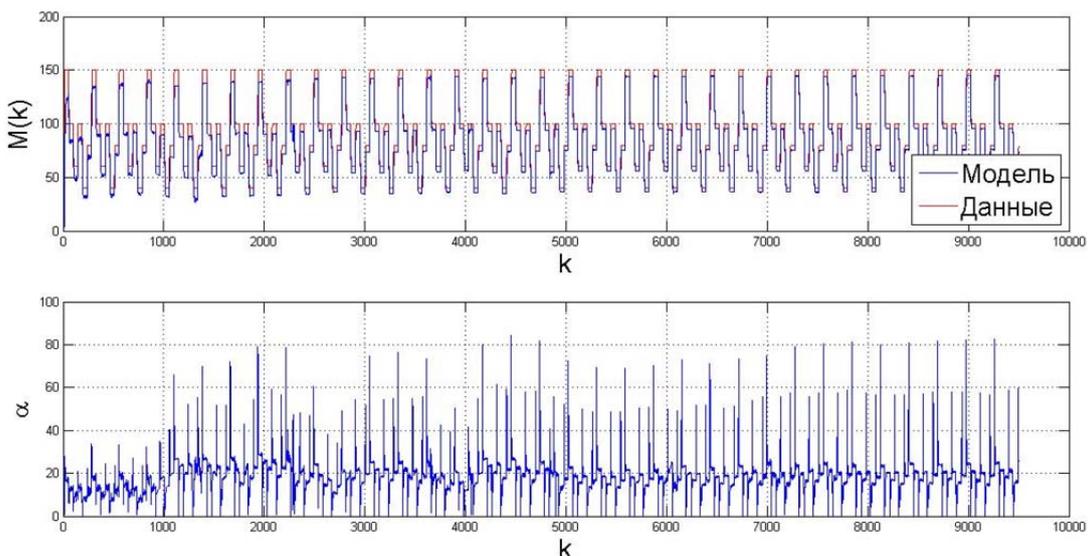


Рис. 2. Результаты работы регулятора дроссельной заслонки

Для управления моментом построим модель давления. Модель основана на уравнении Менделеева–Клапейрона и имеет следующий вид:

$$\dot{P} + \eta_c(P, \omega) \frac{V_d \omega}{4\pi V_m} P = \frac{RT_m}{V_m} \frac{\pi D^2}{4} \eta_t \varphi_1(P) \varphi_2(\alpha), \quad (13)$$

где P – давление воздуха; η_c – эффективность наполнения цилиндров; V_d – объем двигателя; ω – скорость вращения коленчатого вала; V_m – объем впускного коллектора; R – удельная газовая постоянная для воздуха; T_m – температура воздуха во впускном коллекторе; η_t – эффективность дроссельной заслонки; $\varphi_1(P)$ – ограниченная функция; D – диаметр патрубка с дроссельной заслонкой; $\varphi_2(\alpha)$ – функция, определяемая как

$$\varphi_2(\alpha) \approx \left(1 - \frac{\cos(\alpha)}{\cos(\alpha_0)} \right), \quad (14)$$

где α_0 – угол дроссельной заслонки, при котором она полностью перекрывает отверстие коллектора (известная величина).

Для синтеза регулятора используется критерий:

$$J = \frac{1}{2} P^2 + \frac{1}{2} C^2, \quad (15)$$

где P – давление во впускном коллекторе; C – положение фазовращателя. Далее строятся уравнения Гамильтониана:

$$H = \frac{1}{2} P^2 + \frac{1}{2} C^2 + \lambda \left(-\eta_c(P, \omega, C) \frac{V_d \omega}{4\pi V_m} P + \frac{RT_m}{V_m} \frac{\pi D^2}{4} \varphi_1(P) \varphi_2(\alpha) \right), \quad (16)$$

где P – давление воздуха; η_c – эффективность наполнения цилиндров; V_d – объем двигателя; ω – скорость вращения коленчатого вала; V_m – объем впускного коллектора; R – удельная газовая постоянная для воздуха; T_m – температура воздуха во впускном коллекторе; η_t – эффективность дроссельной заслонки; $\varphi_1(P)$ – ограниченная функция; D – диаметр патрубка с дроссельной заслонкой; $\varphi_2(\alpha)$ – функция, определяющая угол открытия дроссельной заслонки.

Путем дифференцирования Гамильтониана по положению фазовращателя можно получить уравнение линейно зависящее от положения фазовращателя и измеряемых параметров:

$$\frac{\partial H}{\partial C} = C + \lambda \left(-\frac{\partial \eta_c(P, \omega, C)}{\partial C} \frac{V_d \omega}{4\pi V_m} P \right) = 0. \quad (17)$$

Отсюда:

$$C = \lambda \left(\frac{\partial \eta_c(P, \omega, C)}{\partial C} \frac{V_d \omega}{4\pi V_m} P \right), \quad (18)$$

где λ можно получить из сопряженной системы:

$$\begin{aligned} \dot{\lambda} &= \frac{\partial H}{\partial P}, \\ \dot{\lambda} &= P + \lambda \left(-\eta_c(P, \omega, C) \frac{V_d \omega}{4\pi V_m} - \frac{\partial \eta_c(P, \omega, C)}{\partial P} \frac{V_d \omega}{4\pi V_m} P \right). \end{aligned} \quad (19)$$

На рис. 3 представлены результаты работы регулятора фазовращателя.

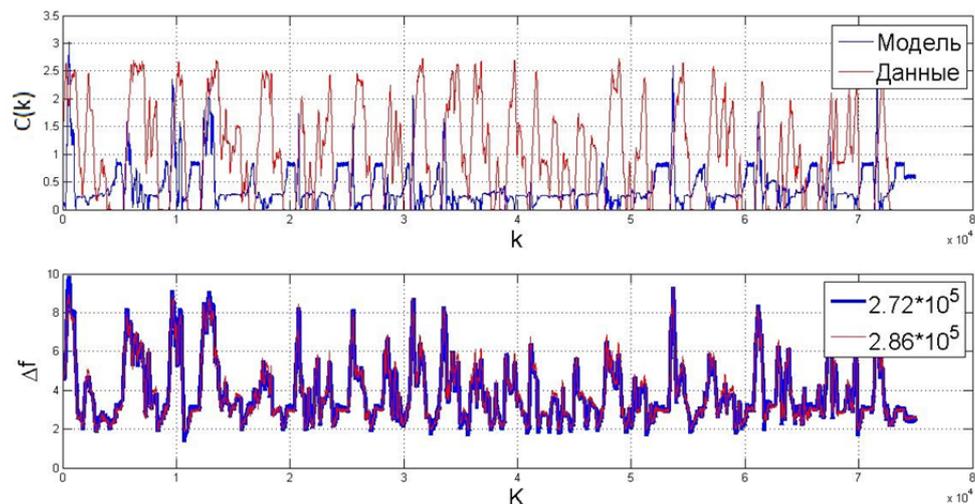


Рис. 3. Результаты моделирования

По графикам (рис. 3) видно, что в результате работы регулятора расход топлива уменьшился на 4%.

Таким образом, в ходе работы была построена математическая модель двигателя, синтезирована трехканальная система управления, состоящая из управления соотношением воздуха и топлива, управления крутящим моментом и системой управления фазовращателем. В результате полученная система позволяет уменьшить отклонения соотношения топливно-воздушной смеси, поддерживать желаемый крутящий момент в двигателе внутреннего сгорания и обеспечивает экономию топлива около 4%.

Литература

1. Gerasimov D., Belyaev M., Nikiforov V., Javaherian H., Li S., Hu Y. Inverse adaptive air-fuel control in spark ignition engines // Proc. ECC2016. (accepted and submitted)
2. Герасимов Д.Н., Лызлова М.В., Могилевцев Ф.Л., Никифоров В.О. Алгоритм адаптивного управления крутящим моментом инжекторного двигателя внутреннего сгорания // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15. – № 4. – С. 623–631.

УДК 621.397+623.4.052.5

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА НАВЕДЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Н.А. Кузнецов¹, М.Б. Леонов¹

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Н. Назаров¹

¹Университет ИТМО

Современные технологии видеонаблюдения и автоматизации процессов позволяют повысить качество охранных систем, а также уменьшить количество персонала, обслуживающего такие системы, что подтверждает актуальность работы. В работе рассмотрены стадии проектирования и изложены результаты разработки одной из функциональных частей автоматизированной системы видеонаблюдения, а именно механизма наведения, в основе которого лежит концептуальная модель охранного комплекса.

Ключевые слова: механизм наведения, проектирование, охранные системы, автоматизированная система видеонаблюдения, модуль упреждения опасности.

В наше беспокойное время вопрос охраны территорий и защиты государственных границ приобретает особую важность. Современные технологии видеонаблюдения и

автоматизации процессов позволяют повысить качество защиты страны от нежелательных вторжений. Исходя из этого, вопрос о создании автоматизированного комплекса упреждения опасности является актуальным.

Научные разработки систем видеонаблюдения ведутся за рубежом, например, Управлением перспективных исследований и разработок Министерства обороны США была разработана концепция системы управления боем PCAS (Persistent Close Air Support – непрерывная ближняя авиационная поддержка), представляющей собой совокупность коммуникационных сетей, каналов передачи данных, цифровых систем наведения на цель и управления огнем [1].

Система PCAS подразделяется на два комплекса: воздушный (на основе переданных с Земли данных, выдает пилотам рекомендации по оптимальным маршрутам для захода на цель) и наземный (в реальном времени выводит данные воздушной разведки на планшетный компьютер оператора). Такая система позволяет обеспечить более быстрое, точное и скоординированное взаимодействие между воздушными и наземными силами в напряженных условиях реальных боевых действий. Некоторые компоненты системы PCAS уже прошли первые крупномасштабные испытания [1].

Принимая во внимание зарубежные разработки, была разработана концептуальная модель системы видеонаблюдения с модулем упреждения опасности (рис. 1), состоящая из следующих блоков: оператор (О), система определения координат мишени (СОКМ) и автоматизированная система видеонаблюдения (АСВ). СОКМ включает беспилотный летательный аппарат (БПЛА), разведчик с целеуказателем (ЦУ) и ГЛОНАСС-спутник (ГС). БПЛА или разведчик с ЦУ определяют локальные координаты мишени, а при согласовании с ГС – глобальные координаты мишени (процесс 1 на рис. 1), и передают их О (процесс 2 на рис. 1). О, зная абсолютные координаты АСВ, преобразует (процесс 3 на рис. 1) координаты мишени в локальные (углы азимута и места цели) и передает на отработку АСВ (процесс 4 на рис. 1), которая производит наведение на мишень (процесс 5 на рис. 1).

В соответствии с представленной концепцией, необходимо исследовать возможность реализации механизма наведения (МН) на современной элементной базе. Разработка велась с учетом того, что система видеонаблюдения установлена на стрелковое оружие, чем обусловлены характеристики МН.

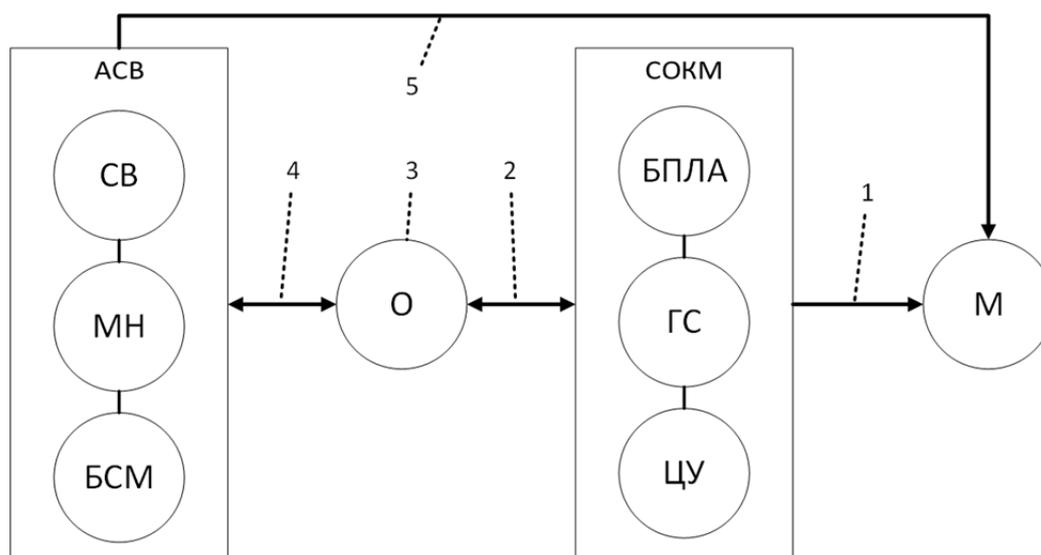


Рис. 1. Концептуальная модель системы видеонаблюдения с модулем упреждения опасности, где О – оператор; СОКМ – система определения координат мишени; БПЛА – беспилотный летательный аппарат; ЦУ – целеуказатель; ГС – ГЛОНАСС спутник; АСВ – автоматизированная система видеонаблюдения; СВ – система видеонаблюдения; МН – механизм наведения; БСМ – блок сбора метеоданных; М – мишень

Для решения поставленной задачи, была разработана функциональная схема системы видеонаблюдения с модулем упреждения опасности. В основу работы МН заложен принцип обратной связи, имеющий место быть в следящих электроприводах.

Процесс работы МН, который является самостоятельным блоком, состоит в следующем: О управляет им посредством передачи значений относительных координат мишени. Блок управления МН вырабатывает углы рассогласования на основе данных о текущем положении винтовки и углов целеуказания, полученных от О. Электроприводы обрабатывают углы рассогласования в вертикальной и горизонтальной плоскости, контроль за перемещением осуществляется энкодерами. В момент, когда углы отработаны, электроприводы выключатся, сохраняется новое положение винтовки, информация же об этом передается О.

Следующим этапом были разработаны кинематические схемы механизмов горизонтального наведения (МГН) и вертикального наведения (МВН). Кинематические схемы МН состоят из двигателя, редуктора и энкодера (датчика угловых перемещений). Двухступенчатый редуктор МВН состоит из червячной и зубчатой передач. Трехступенчатый редуктор МГН состоит из зубчатой, червячной передачи и зубчатой передачи внутреннего зацепления.

Принимая во внимание внезапность появления целеуказания и величину максимального рассогласования (180°), общее передаточное отношение редукторов принято равным 300. Скорость двигателей: 3000 об/мин. Разработка кинематической схемы велась в соответствии с [2, 3].

Исходя из установленной допустимой погрешности ввода углов прицеливания $\delta_{\alpha, \theta} = 3,6'$, была определена допустимая погрешность функционирования механизмов наведения $\delta_m = 2,2'$.

Были выполнены следующие точностные расчеты: расчет методом соответствия допусков коэффициентам влияния [4] и расчет по ГОСТ 21098-82 «Цепи кинематические. Методы расчета точности», которые показали, что выбранный класс точности для элементов кинематической цепи МГН и МВН удовлетворяет выделенному допуску. В табл. 1 приведены рассчитанные значения погрешности механизмов наведения.

Таблица 1. Результаты проверочного точностного расчета по ГОСТ 21098-82

	Кинематическая погрешность	Мертвый ход
МГН	2,1'	1,1'
МВН	0,8'	0,6'

Следующим этапом был выполнен подбор элементной базы – двигателя и энкодера. На основании ориентировочного расчета моментов системы в соответствии с [5], выбраны двигатели изготовителя ЗАО «Завод мехатронных изделий»:

- для МВН – интегрированный моментный сервопривод СПШ20-23017;
- для МГН – комплектный сервопривод СПС.

На основании расчета был выбран энкодер: инкрементный угловой фотоэлектрический преобразователь перемещений ЛИР-158Ф, изготовитель ОАО «СКБ ИС Датчики линейного и углового перемещения». В табл. 2 приводятся характеристики подобранных элементов.

Таблица 2. Характеристики двигателей и энкодеров

Характеристики	МГН		МВН	
	Расчетное	Выбранное	Расчетное	Выбранное
Двигатель				
Число оборотов в минуту	3000	3000	3000	3000

Характеристики	МГН		МВН	
	Расчетное	Выбранное	Расчетное	Выбранное
Крутящий момент, Н·м	0,8	1,7	0,07	0,1
Мощность, Вт	720	750	61	70
Энкодер				
Количество штрихов на измерительном лимбе	2400	2500	1600	1600

По итогам расчетов была создана 3D-модель редуктора механизма горизонтального наведения, представленная на рис. 2.

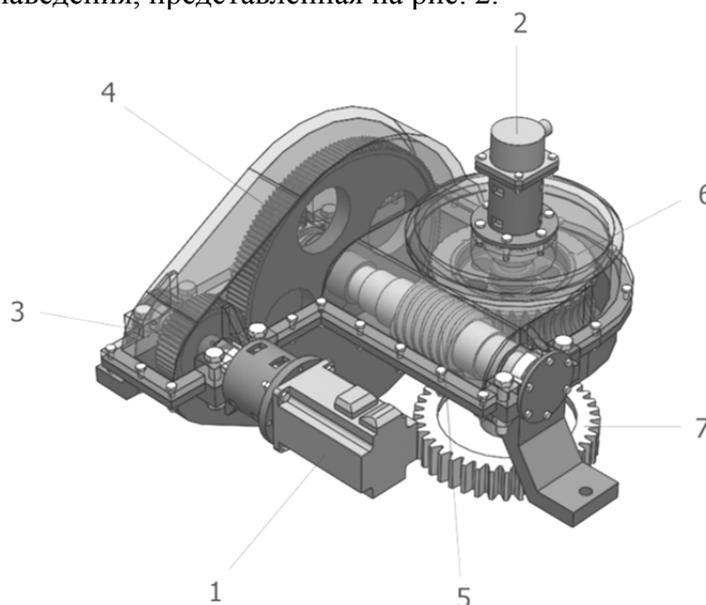


Рис. 2. 3D-модель редуктора МГН, где 1 – сервопривод; 2 – энкодер; 3 – зубчатая шестерня; 4 – зубчатое колесо; 5 – червяк; 6 – червячное колесо; 7 – зубчатая шестерня внутреннего зацепления

По результатам проектирования механизма наведения автоматизированной системы видеонаблюдения, входящей в состав охранной системы, разработаны функциональные и кинематические схемы МН; выполнены точностные расчеты МГН и МВН; осуществлен выбор элементной базы МН; разработана 3D-модель редуктора МГН и комплект конструкторской документации. На основании вышеизложенного можно судить об успешном функционировании разработанного редуктора и о дальнейшей разработке модуля упреждения опасности в составе системы видеонаблюдения.

Литература

1. Леонов М.Б., Назаров В.Н. Концептуальная модель охранной системы видеонаблюдения с модулем упреждения опасности // Изв. вузов. Приборостроение. – 2015. – Т. 58. – № 5. – С. 380–384.
2. Брицкий В.Д., Ноздрин М.А., Заморуев Г.Б. и др. Проектирование передаточного механизма. – СПб.: НИУ ИТМО, 2010. – 160 с.
3. Иванов М.Н. Детали машин. Учебник для машиностроительных специальностей вузов. – 10-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2006. – 408 с.
4. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2015. – 560 с.
5. Буров С.С. Конструкция и расчет танков. Учебник. – М.: ВА БТВ, 1973. – 602 с.

УДК 001.895

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ****А.В. Кузнецова¹****Научный руководитель – д.э.н., профессор А.А. Голубев¹**¹Университет ИТМО

В работе выделены две основные группы организационных форм инновационной деятельности в Российской Федерации: традиционные и прогрессивные формы. Рассмотрены основные характеристики организационных форм. Определена одна из основных проблем организации инновационной деятельности в Российской Федерации. Сделан вывод о необходимости создания благоприятных условий для функционирования и развития прогрессивных форм, обеспечивающих интеграцию участников инновационного процесса.

Ключевые слова: организация инновационной деятельности, организационные формы инновационной деятельности.

В последнее время в Российской Федерации (РФ) проблема организации инновационной деятельности становится весьма актуальной, что в первую очередь обусловлено инновационной направленностью экономического развития страны и необходимостью развития инновационной инфраструктуры. **Цель работы** состояла в рассмотрении основных аспектов организации инновационной деятельности в РФ.

Инновационная деятельность в РФ представлена двумя основными группами организационных форм: традиционные и прогрессивные формы. Традиционные формы представлены организациями, которые уже оправдали себя в практике инновационной деятельности и внесли значительный вклад в развитие РФ, и к ним можно отнести институты Российской Академии Наук (РАН), отраслевые научно-исследовательские и проектно-технологические институты, конструкторские бюро [1].

Структура РАН представлена научными организациями, которые ориентированы на проведение и развитие фундаментальных исследований, и результаты данных исследований лежат в основе всего инновационного процесса.

Деятельность отраслевых научно-исследовательских институтов (НИИ) уже тесно связана с производством. Их задача состоит в проведении научных исследований и опытно-конструкторских разработок, ориентированных на применение научных достижений в производстве. Результаты работы отраслевых НИИ ориентированы на применение предприятиями ограниченного круга и определенной отрасли. В составе отраслевых НИИ помимо научно-исследовательских отделов представлены также подразделения конструкторского профиля. Это позволяет отраслевым НИИ выполнять не только научно-исследовательские, но и опытно-конструкторские разработки. А значит, упростить управление инновационным проектом за счет непрерывности инновационного процесса. Кроме того, отраслевые НИИ обладают развитой системой кооперированных связей с другими научными организациями и промышленными предприятиями, что может способствовать согласованности выполнения работ по созданию инновационного продукта и внедрению его в производство.

Конструкторские бюро главным образом специализируются на выполнении опытно-конструкторских и опытно-технологических разработок. Конструкторские бюро воплощают результаты научно-исследовательских работ в конструкторскую документацию, как правило, учитывая особенности предприятия-производителя и тем самым разрабатывая информационную модель инновационного продукта, готовую для последующего освоения в производстве.

Стоит отметить, что крупные конструкторские бюро (ОКБ, СКБ) можно рассматривать в качестве аналогов НИИ, так как высокий инновационный потенциал, высокий уровень фондовооруженности и информационной обеспеченности сотрудников позволяет им также осуществлять и научно-исследовательские разработки [1].

Традиционные организационные формы, в основном, себя оправдали, но меняющиеся условия производства и влияние различных факторов требуют развития новых форм организационной деятельности. Переходя к новым и активно развивающимся организационным формам инновационной деятельности, стоит сказать, что их появление связано с необходимостью производственного освоения интеллектуальной продукции, полученной в ходе исследований и разработок, с целью выведения на рынок. Кроме того, инновационный процесс должен обеспечивать получение прибыли и компенсацию затрат всех участников инновационного процесса.

К новым организационным формам инновационной деятельности относятся государственные научные центры (ГНЦ), малые инновационные предприятия, в составе которых выделяют их специфичную форму – венчурные фирмы, технопарки, бизнес-инкубаторы, технополисы и центры трансфера технологий.

ГНЦ представляют собой относительно новый тип государственной инновационной организации и являются важным звеном инновационного процесса. Они ориентированы на сохранение в РФ ведущих научных школ мирового уровня, развитие научного потенциала страны, подготовку высококвалифицированных научных кадров. ГНЦ создаются на базе действующих крупных научных предприятий и высших учебных заведений и обладают развитой материально-технической базой, позволяющей проводить научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы. Присвоение субъекту хозяйствования статуса ГНЦ означает отнесение организации к объектам науки федерального значения, которые предусматривают особые формы государственной поддержки и обеспечения их деятельности, при этом не предполагается изменение формы собственности и организационно-правовой формы предприятия.

Малая инновационная фирма представляет собой небольшой коллектив научных работников, осуществляющий свою деятельность самостоятельно или в составе крупной организации, специализирующийся на узком направлении инновационной деятельности и имеющий возможность быстрой переориентации [2]. Основная масса малых инновационных фирм, как правило, осуществляет свою деятельность на стадии НИОКР. Такие фирмы располагают значительными конкурентными преимуществами по сравнению с крупными компаниями, поскольку требуют меньших капиталовложений на одного работника и имеют высокий уровень мотивации сотрудников для достижения положительного результата.

В последнее время возрастает роль малых инновационных предприятий в инновационном процессе, так как их деятельность направлена на внедрение наукоемких видов продукции и технологических процессов. Особенно эффективно малые фирмы действуют в высокотехнологических отраслях, составляющих основу инновационной экономики, к которым относятся электроника, робототехника, биотехнологии, новые конструкционные материалы [2]. В таких отраслях важна высокая операционная гибкость, т.е. способность реагировать на изменения внешней среды и способствовать обновлению продуктового ряда, которую, в свою очередь, может обеспечить такая организационная форма, как малые инновационные предприятия. Однако малые инновационные предприятия часто в своей деятельности сталкиваются с таким рядом проблем, как недостаток производственных мощностей и отсутствие собственной дорогостоящей исследовательской и опытно-экспериментальной базы, а также отсутствие квалифицированной помощи в правовой сфере и коммерциализации интеллектуальной собственности.

Особое распространение в составе малых инновационных фирм получила их специфическая форма – венчурный бизнес (рисковый бизнес). Они обладают небольшой численностью персонала и высоким научным потенциалом. Венчурная фирма, как правило, создается изобретателями и учеными, закончившими свою карьеру

в научных учреждениях, крупных компаниях и университетах. Они обладают необходимыми профессиональными знаниями и имеют научные идеи, практическую реализацию которых они собираются осуществить в рамках образованной венчурной фирмы. Венчурные фирмы, как правило, занимаются поисково-прикладными исследованиями, проектно-конструкторскими разработками и на их основе уже освоением новой инновационной продукции или технологии.

Венчурные фирмы, как организационная форма инновационной деятельности, получила широкое распространение за рубежом, а в России только начинает набирать свои обороты.

Новыми прогрессивными формами инновационной деятельности и элементами современного инновационного развития РФ являются технопарки. Технопарк представляет собой научно-технический комплекс, объединяющий научные организации, малые инновационные фирмы, проектно-конструкторские бюро, высшие учебные заведения, производственные предприятия и информационную составляющую в виде сервисных, выставочных и консалтинговых организаций, задачей которых является создание и коммерциализация инновационных продуктов.

Технопарки являются формой интеграции науки, образования и производства, и создаются на базе высших учебных заведений или научных центров. Они представляют собой «зонтичные» структуры, которые призваны создавать благоприятные условия функционирования и взаимодействия участников инновационного процесса, с целью обеспечить быстрое и прямое внедрение их разработок в производственную сферу [3]. Спецификой технопарка являются научные, конструкторские и технологические разработки в области высоких технологий. Участниками инновационного процесса могут выступать отдельные ученые, научные коллективы или малые предприятия, имеющие инновационные идеи.

Российский опыт создания и функционирования технопарков на данный момент не показал таких же успехов, как на Западе. Одной из проблем является некий перевес числа технопарков, созданных на основе высших учебных заведений, что нельзя отметить как положительный момент. Такой технопарк позволяет финансировать разработки высшего учебного заведения, однако, такие разработки не всегда актуальны на рынке. Ориентация на узкую научную специализацию и достижение научных результатов, а не коммерческих результатов, противоречит основной цели технопарка – коммерциализации разработок. В связи с этим приоритетным направлением должна являться разработка продуктов и технологий прикладного характера.

Одной из разновидностей технопарков, широко развивающейся в последнее время в РФ, являются бизнес-инкубаторы. Главное их отличие от технопарков состоит в том, что они формируются не на базе образовательных учреждений или научных организаций. Создают бизнес-инкубаторы, как правило, крупные компании, местные органы власти, частные фонды или правительственные ведомства. Деятельность бизнес-инкубаторов ориентирована не только на реализацию высокотехнологичных проектов, что является обязательным условием для технопарков, но и на реализацию проектов в области торговли, маркетинга, менеджмента и иных, результаты которых могут способствовать повышению экономических характеристик, как новых, так и уже освоенных в производстве продуктов.

Бизнес-инкубаторы представляют собой многопрофильные комплексы, предназначенные для создания и поддержки малых предприятий, а также обучения персонала. В рамках бизнес-инкубатора автор инновационной идеи проходит подготовку в виде консультирования, тренингов и обеспечения условий для получения практических навыков в управлении инновационной организацией с ориентацией на достижение коммерческих результатов.

Технополисы, как единый научно-технический комплекс, объединяют в себе науку и предпринимательство, обеспечивая сотрудничество между академией наук, предпринимателями и местными, и центральными органами власти, что позволяет повысить оперативность решаемых инновационных задач, исключив неоправданные перерывы между стадиями инновационного процесса. В рамках технополиса достигается укрепление взаимодействия научно-исследовательского и промышленного секторов, позволяющее снизить затраты времени на коммерциализацию и освоение новых продуктов и технологий [1].

В РФ технополисы имеют статус наукоградов. В соответствии с ФЗ «О статусе наукограда РФ» наукоград представляют собой «муниципальное образование со статусом городского округа, имеющее высокий научно-технический потенциал, с градообразующим научно-производственным комплексом». Научно-производственный комплекс представлен совокупностью организаций, осуществляющих научную, научно-техническую, инновационную деятельность, экспериментальные разработки, испытания, подготовку кадров в соответствии с государственными приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники РФ.

Для присвоения статуса наукограда научно-производственный комплекс муниципального образования должен отвечать двум критериям. В качестве критериев выступают численность работающих в организациях научно-производственного комплекса, объем научно-технической продукции или стоимость основных фондов комплекса, фактически используемых при производстве научно-технической продукции, состав организаций, входящих в научно-производственный комплекс. Статус наукограда не изменяет формы собственности и организационно-правовые формы организаций научно-производственного комплекса. Присвоение статуса наукограда является основанием для финансирования в виде предоставления межбюджетных трансфертов бюджетам наукоградов.

Московский регион представляет собой крупнейший ареал сосредоточения научных и научно-производственных комплексов. Здесь расположены наукограды, которые являются всемирно известными центрами науки: Дубна, Жуковский, Королев, Троицк и др.

Новой организационной формой инновационной деятельности в РФ являются Центры трансфера технологий (ЦТТ), главная задача которых состоит в коммерциализации интеллектуального продукта, полученного в результате инновационной деятельности. ЦТТ призваны обеспечивать интеграцию научной сферы, производственной сферы и потребителей товаров и услуг, т.е. выступать в качестве их связующего звена [4]. Они создаются на базе институтов РАН, высших учебных заведений, ГНЦ и научных организаций. Ядро ЦТТ составляют высококвалифицированные менеджеры, которые способны управлять процессами переноса знаний, взаимодействия промышленности, науки и образования, совмещая при этом два информационных потока – о тех, кто нуждается в технологиях, и тех, кто обладает научно-техническими компетенциями, позволяющими создавать новые технологии. ЦТТ должны стать эффективным инструментом поддержки малых инновационных предприятий на начальной стадии их деятельности.

Эффективность инновационных процессов зависит не только от деятельности их участников, но и от того, как эти участники взаимодействуют друг с другом. Все рассмотренные организации, деятельность которых способствует реализации инновационной деятельности и развитию инновационного потенциала РФ формируют инновационную инфраструктуру РФ и являются ее элементами (таблица) [4].

Таблица. Инновационная инфраструктура Российской Федерации

Организационная форма	Количество, единиц
Традиционные формы	
Научно-исследовательские организации, в том числе: – научные институты РАН; – отраслевые научно-исследовательские институты	1646
Конструкторские бюро	317
Новые формы	
Государственные научные центры	43
Бизнес-инкубаторы	200
Технопарки	160
Центры трансфера технологий	112
Наукограды	15

По данным, представленным в таблице, можно наблюдать, что на данный момент в РФ преобладают традиционные формы организации инновационной деятельности, не способствующие интеграции научной и производственной сферы.

Следует отметить, что отсутствие действенных связей между участниками инновационного процесса является одной из центральных проблем инновационной деятельности РФ, которая способствует увеличению срока создания и внедрения инновационных продуктов, нерациональному использованию ресурсов всех видов (трудовых, материальных, финансовых, информационных и т.д.). Для инновационного развития нужен не просто высокий уровень фундаментальных, прикладных исследований и опытно-конструкторских разработок, но и возможности коммерциализации и дальнейшего распространения нововведений.

В связи с этим необходимо обеспечить формирование такой инновационной инфраструктуры, которая сможет активизировать рынок исследований и разработок, определить их ориентацию на потребности региона и создать эффективные связи между участниками инновационного процесса, что при своевременном и достаточном финансировании обеспечит создание конкурентоспособных инноваций. Обеспечение интеграции между участниками инновационного процесса призваны осуществлять такие организационные элементы инновационной инфраструктуры, как технопарки, бизнес-инкубаторы и технополисы, ЦТТ, поэтому необходимо создавать условия для их эффективного развития и функционирования.

Литература

1. Голубев А.А. Экономика и управление инновационной деятельностью: учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2012. – 119 с.
2. Кожухар В.М. Инновационный менеджмент: учебное пособие. – М.: Дашков и Ко, 2012. – 292 с.
3. Павлов Э. Технопарк – важный элемент современной инновационной экономики // Умное производство. – 2014. – № 9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.umpro.ru/index.php?page_id=17&art_id_1=185&group_id_4=58, своб.
4. Повестка развития инновационной инфраструктуры в Российской Федерации: Резюме отчета о деятельности Проектного офиса ОАО «РВК» и Минэкономразвития России по развитию объектов инновационной инфраструктуры за период 08.2014–06.2015. – 25 с.

УДК 656.078

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИИ

Е.Д. Кузнецова¹

Научный руководитель – к.э.н., доцент В.В. Негреева¹

¹Университет ИТМО

Анализ текущего состояния рынка логистических услуг дает возможность спрогнозировать дальнейшее развитие событий в сложившихся непростых условиях на мировых рынках. В работе представлен обзор состояния российского рынка логистических услуг за период с 2014–2015 гг. Рассмотрены проблемы и перспективы развития этой отрасли в связи с изменениями политической и экономической ситуации в стране.

Ключевые слова: логистическая деятельность, цепь поставок, Logistics Performance Index, транспортно-логистические расходы, тенденции развития логистики, рынок логистических услуг.

Характерной тенденцией современной экономики является расширение применения логистики. Логистическая деятельность в Российской Федерации (РФ) находится в стадии становления, что привлекает внимание к ее анализу, определению характера, особенностей, основных проблем и перспектив, что и является **целью работы**.

Наиболее объективный на сегодняшний день международный рейтинг показателей оценки уровня развития логистики является LPI (Logistics Performance Index), составленный Всемирным банком реконструкции и развития. В соответствие с LPI развитие логистики оценивается по шести показателям. Наша страна по результатам 2014 года занимает 90 место из 160 стран мира. При этом страны, имеющие также обширную территорию, расположились на более высоких местах, так США заняли 9-е место в рейтинге, Канада – 12-е, Австралия – 16-е, Китай – 28-е, Бразилия – 65-е. Первыми местами удостоились такие страны, как Германия, Нидерланды и Бельгия. Сравнительный рейтинг представлен в таблице [1].

Таблица. Индекс развития логистики 2014 года по данным Всемирного Банка

Страна	LPI место	LPI оценка	Таможня	Инфраструктура	Международные перевозки	Качество услуг	Отслеживание и контроль	Своевременность
Германия	1	4,12	4,10	4,32	3,74	4,12	4,17	4,36
Нидерланды	2	4,05	3,96	4,23	3,64	4,13	4,07	4,34
Бельгия	3	4,04	3,80	4,10	3,80	4,11	4,11	4,39
США	9	3,92	3,73	4,18	3,45	3,97	4,14	4,14
Канада	12	3,86	3,61	4,05	3,46	3,94	3,97	4,18
Китай	28	3,53	3,21	3,67	3,50	3,46	3,50	3,87
Казахстан	88	2,70	2,33	2,38	2,68	2,72	2,83	3,24
Шри-Ланка	89	2,70	2,56	2,23	2,56	2,91	2,76	3,12
Россия	90	2,69	2,20	2,59	2,64	2,74	2,85	3,14
Уругвай	91	2,68	2,39	2,51	2,64	2,58	2,89	3,06
Сомали	160	1,77	2,00	1,50	1,75	1,75	1,75	1,88

Исследование состояния современной логистической системы РФ позволило выявить несколько причин отставания. Прежде всего, это несовершенство организации и управления транспортно-логистическим и складским комплексом. Это подтверждается высоким уровнем транспортно-логистическим расходов: 20% ВВП

составляют совокупные внешние и внутренние затраты на логистику и транспорт, когда, например, в Китае – 15%, а в странах Европы – 7–8% [2].

Проблема транспортировки грузов в нашей стране осложняется также низким уровнем качества российских автомобильных и низкой пропускной возможностью и недостатком железнодорожных путей. Однако в настоящее время в этой сфере наметились положительные перспективы. Реализуются планы Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России» (2010–2020 гг.). Также примером положительной динамики в данном направлении служит введение системы взимания платы «Платон» с грузовиков. Планируется, что с помощью системы будет собираться более 40 млрд рублей в год, и эти суммы позволят (по предварительным расчетам) отремонтировать к началу 2019 года основную массу федеральных дорог в стране. Благодаря «Платону» планируется поддержка возведения крупнейших проектов в регионах. Так, будут строиться мосты (например, «Фрунзенский» в Самарской области), автодороги Кавказского региона, путепроводы в Твери и Ленинградской области, достроится тоннель в Воронежской области, будут завершены или начаты многие аналогичные проекты.

Изменения в экономической и политической ситуации, происходившие в РФ в течение 2014–2015 годов, сказались на состоянии отечественного рынка транспортно-логистических услуг. В связи с этим можно обобщить официальные данные Федеральной службы государственной статистики РФ, исследования Координационного совета по логистике и Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), в котором приняли участия более 200 компаний из различных отраслей, мнения отдельных экспертов, и выделить несколько сформировавшихся тенденций логистической деятельности.

1. Снижение объемов импорта из Европы ряда товаров, которое в большинстве своем связано с введением санкций в отношении РФ. В несколько раз снизился импорт продуктов питания, техники, бытовой химии. Спад торговли со странами ЕС ударил именно по компаниям Северо-Западного региона. По итогам января–октября 2015 г. объем автомобильных грузоперевозок из Европы в Россию упал на 34% (рис. 1) [3].

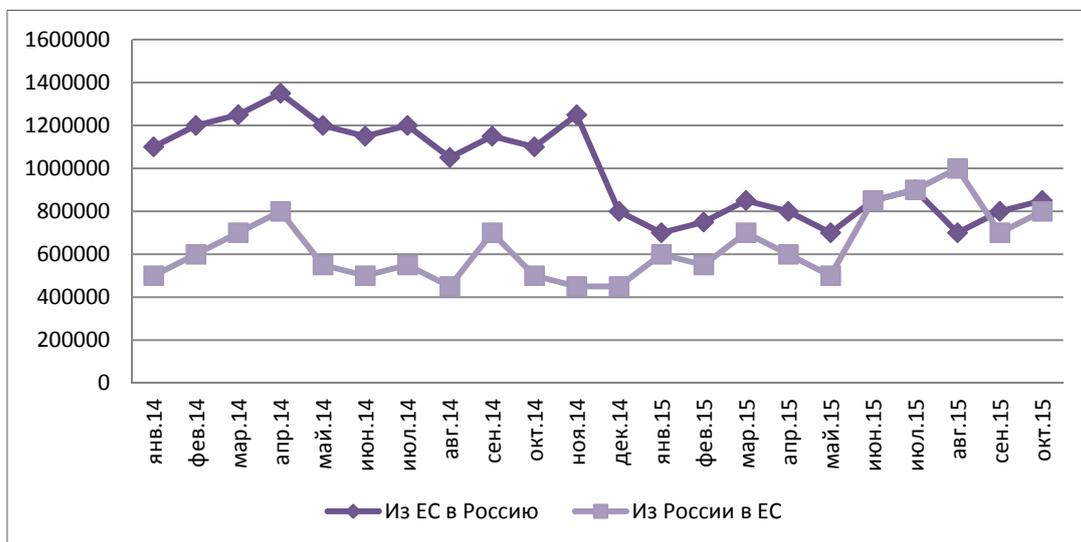


Рис. 1. Динамика автомобильных перевозок России и Европейского союза в 2014–2015 гг. (млн тонн)

2. Поиск новых транспортно-логистических схем поставок из стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Санкции и продовольственное эмбарго также сыграли свою роль: при снижении торговли с Европой выросла доля стран Азиатско-

Тихоокеанского региона, которые с точки зрения логистики в большей степени завязаны на других способах доставки грузов.

Несмотря на осложнения в экономике в начале 2015 года, наилучшие показатели для отрасли характерны для воздушных грузоперевозок. Несмотря на то, что на их долю в общем грузообороте приходится около 1%, их грузооборот вырос на 13,4% [4].

Основной рост при этом пришелся на перевозки между Россией и странами дальнего зарубежья (+20,2%) (рис. 2) [4].

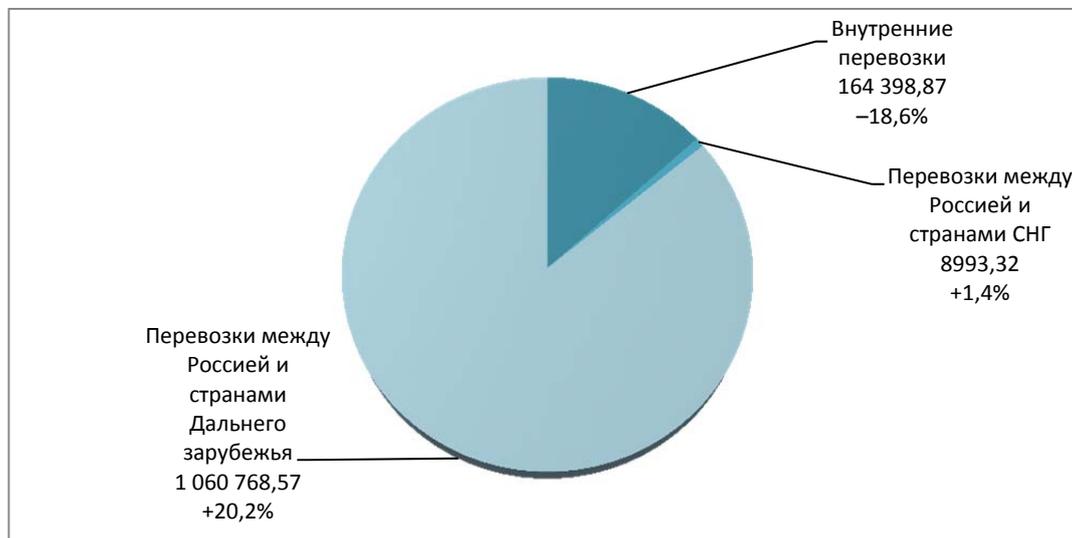


Рис. 2. Структура грузооборота воздушного транспорта в 2015 году (тыс. т-км)

3. Значительно увеличилась роль портов Юга России. Наилучшую динамику показали порты Азово-Черноморского бассейна (+10,2%), обогнав своих основных конкурентов на Балтике (+8,1 %), а также Дальнего востока (+5,2%) [3]. Именно на них сосредоточились ключевые экспортные потоки отечественных сырьевых товаров за рубеж.

На долю гаваней Азово-Черноморского бассейна приходится почти треть всего российского грузооборота. По прогнозам Минтранса России, к 2030 году на долю грузооборота гаваней в Азово-Черноморском бассейне, включая Крым, будет приходиться более 400 млн тонн грузов в год, что в два раза превышает объемы на сегодняшний день (рис. 3) [2].

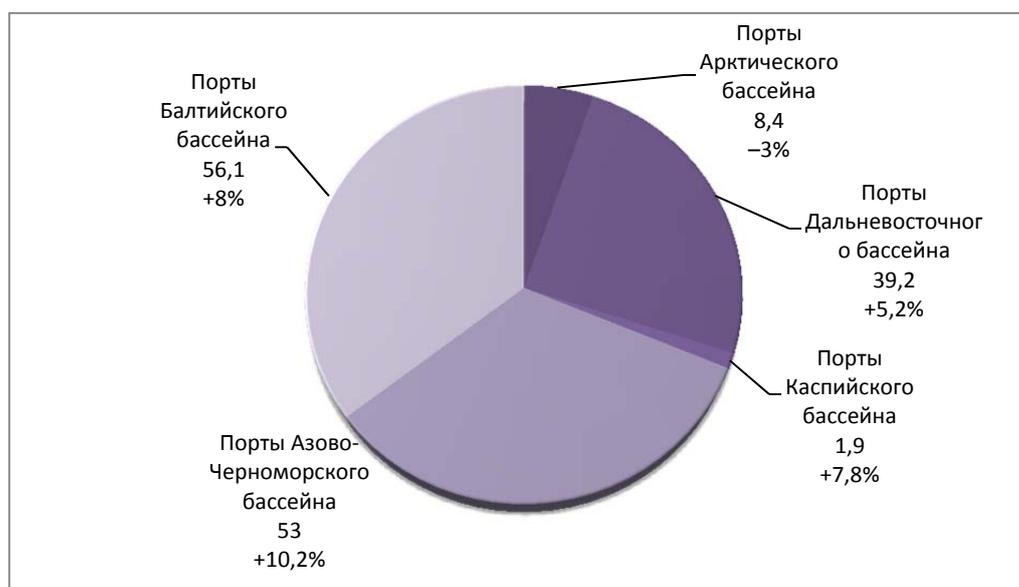


Рис. 3. Региональная структура грузооборота морских портов в 2015 году (млн тонн)

Причина увеличения перевалки в портах объясняется модернизацией инфраструктуры портов на юге России, а также присоединением Крыма. Также она может быть связана с изменениями во внешней торговле России – при сокращении товарооборота со многими странами Европы возросла торговля с рядом Азиатских стран, а также Южной Америкой, что и приводит к росту погрузки в портах.

Из-за высоких транспортных издержек на автомобильные и железнодорожные перевозки все больше компаний предпочитают новые способы транспортировки грузов. Почти в два раза выросли перевозки грузов на паромках, и на 15,6% увеличился грузооборот каботажных перевозок – до 56,1 млн тонн, тогда как падение объемов перевалки грузов в контейнерах составило 13,3%. Это связано с увеличением перевозок в Крым. В условиях увеличения тарифов перевозчики пытаются оптимизировать маршруты и часто выбирают именно такой способ транспортировки (рис. 4) [4].

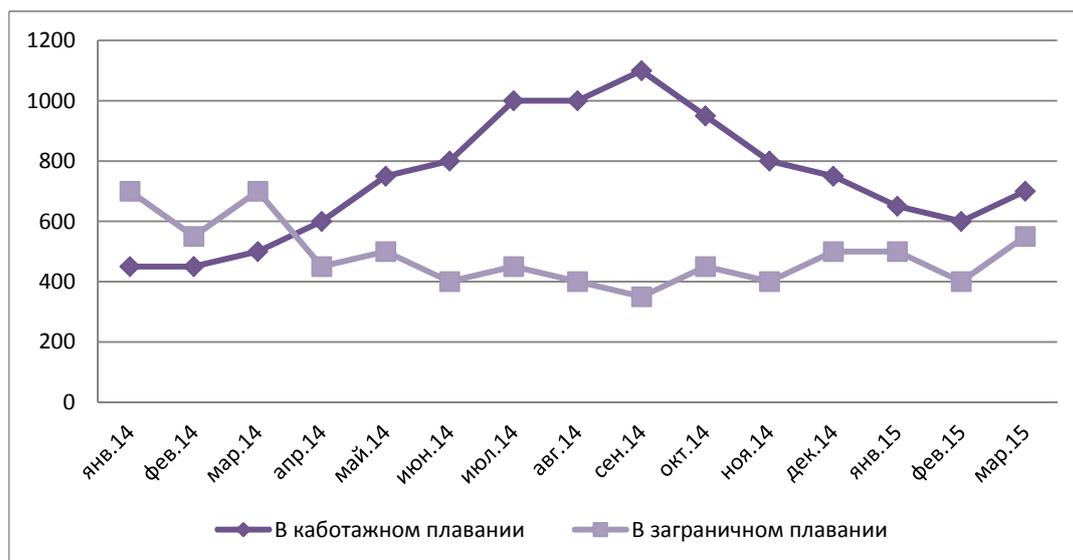


Рис. 4. Динамика погрузки морским транспортом в 2014–2015 гг. (тыс. тонн)

4. Ожидается увеличение объемов внутренних перевозок автомобильным и железнодорожным транспортом по мере реализации программы импортозамещения.
5. Сохраняется тенденция роста складских услуг, но при этом уровень складской инфраструктуры остается достаточно низким. В 2015 г. доля рынка складских услуг составляла 3,2%. На сегодняшний день это самый перспективный сегмент рынка транспортно-логистических услуг. Но, при этом уровень складской инфраструктуры остается достаточно низким. Так, из общего объема складов в России только 4% обеспечивают возможность скоростного выполнения погрузо-разгрузочных работ с автомобильным транспортом [5].

Ситуация на российском рынке грузоперевозок будет оставаться нестабильной – несмотря на достигнутые положительные результаты в области строительства инфраструктуры в 2015 г., многие перевозчики все также теряют прибыль из-за высокого курса доллара и евро, увеличивающихся цен на топливо и низких показателей внешней торговли.

Согласно прогнозу специалистов структура рынка транспортно-логистических услуг в 2016 г. будет выглядеть следующим образом (рис. 5) [5].

Эффективным инструментом для стимулирования российского экономического роста может стать логистика. Потенциал повышения эффективности российской транспортно-логистической системы колоссален. Снижение затрат национальной экономики на транспорт и логистику с 20% до среднемирового уровня 11% от ВВП, высвободит финансовые ресурсы в объеме 180 млрд долларов. Но видно, что логистический рынок сталкивается с серьезными проблемами.

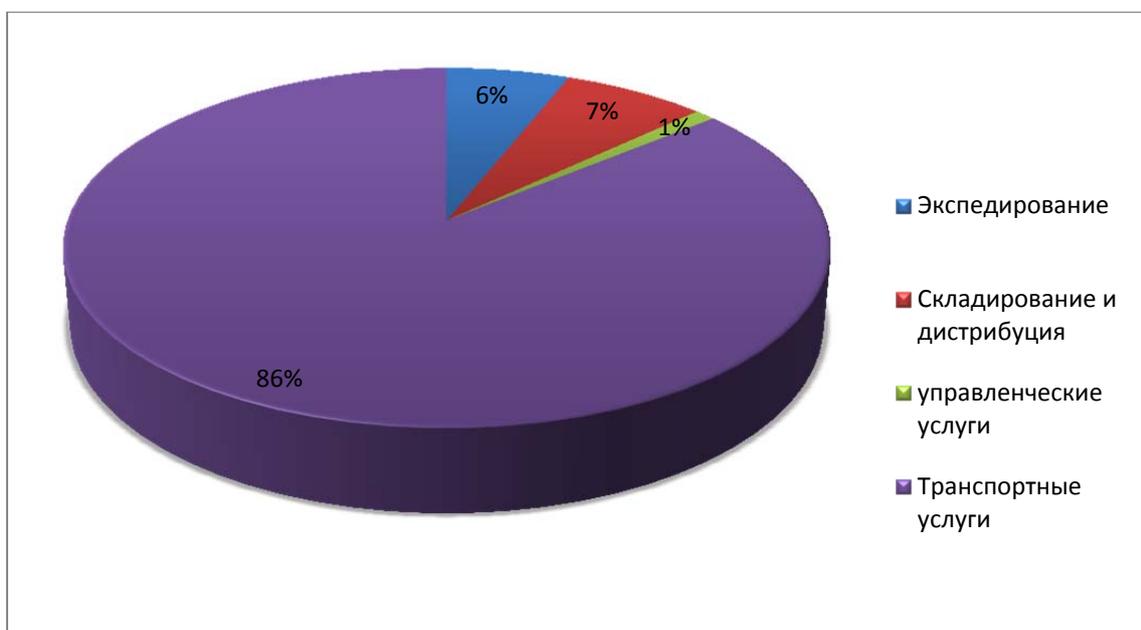


Рис. 5. Прогноз структуры российского рынка транспортно-логистических услуг в 2016 г.

В целях решения данных проблем рекомендуются следующие первоочередные меры:

- сформировать до 2020 г. логистическую стратегию РФ с вовлечением заинтересованных экспертного сообщества и общественных организаций;
- Министерство транспорта РФ должно контролировать вопросы регулирования рынка транспортно-логистических услуг и развития логистики в РФ;
- развивать транспортные инфраструктуры в труднодоступных регионах РФ и выявлять новые маршруты с приоритетным финансированием;
- создать единые базы транспортно-логистических компаний;
- полный переход России на электронный документооборот и автоматизация стандартных логистических процедур.

Следовательно, для того чтобы в России достичь полноценной трансформации из транспортно-экспедиторского рынка в рынок интегрированных услуг, нужны не только совместные усилия участников рынка, но и органов государственной власти.

Литература

1. Logistics Performance Index. International LPI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lpi.worldbank.org/international>, своб.
2. Земскова О.М., Щепотко М.М. Логистика в России и за рубежом: сравнительный анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sibac.info/20601>, своб.
3. Федеральная служба государственной статистики: Транспорт и связь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>, своб.
4. Министерство транспорта Российской Федерации (Минтранс России) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mintrans.ru/activity/>, своб.
5. Приходько В., Борщ В., Деним В. Развитие логистики в России: современная ситуация, прогнозы, ключевые задачи и приоритеты компаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.logistika-prim.ru>, своб.

УДК 004.946

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСА
УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ****К.А. Кузьмина¹, А.В. Андреева¹, С.К. Стафеев¹**¹Университет ИТМО

В работе описаны программно-аппаратные инструменты по разработке, и приведена модель виртуальной среды, имитирующей лабораторию по исследованию характеристик многомодовых оптических волокон, которая в будущем будет обеспечивать взаимодействие с биофизическими объектами. Данная трехмерная модель позволит студентам разных технических специальностей продуктивно осваивать автоматизированные системы лабораторного практикума.

Ключевые слова: виртуальная научно-исследовательская лаборатория, программно-аппаратные инструменты, виртуальная среда, проектное обучение.

Введение. Постоянное увеличение доли высокотехнологичного оборудования в различных секторах производства ставит задачу повышения качества подготовки высококвалифицированных специалистов. Для этого необходимо совершенствовать методы обучения студентов в высших учебных заведениях технического и естественно-научного профиля. Так, использование стендов виртуальной реальности открывает новые возможности в организации обучения студентов [1]. Существующие разработки по созданию виртуальных лабораторий имеют ряд значительных недостатков. Многие из них позволяют моделировать только простые физические процессы, а также не обеспечивают «погружение» студента в трехмерную (3D) интерактивную среду изучаемого явления (процесса), с возможностью естественного взаимодействия с объектами (искусственными и (или) реальными) в виртуальной среде. А также существует узкая направленность тем лабораторных работ. Данные проблемы решаются при помощи использования предлагаемых технологий виртуальной реальности, которые позволяют воспроизвести виртуальную среду, моделирующую лабораторию и обеспечивающую взаимодействие с биофизическими объектами. Программное обеспечение, используемое для разработки данной виртуальной лаборатории, описывается ниже.

Программно-аппаратный комплекс. В ходе выполнения работы была поставлена задача по созданию 3D-модели научной лаборатории по исследованию характеристик многомодовых оптических волокон, используемых в конструкции волоконно-оптических датчиков давления. Подзадачами являлись:

- разработка дизайна интерьера лаборатории под конкретную тематику (от «скелета» до полноценной комнаты в виртуальной среде);
- настройка материалов (виртуальным материалам задается соответствие свойств реальных материалов – прозрачность, отражения, рассеивание света, шероховатость, рельеф и т.д.);
- настройка направления, мощности, спектра освещения.

В разработку виртуальной лаборатории в первую очередь входит создание помещения, в котором будет находиться виртуальное оборудование. А также, непосредственно, само оборудование. На начальном этапе была создана трехмерная математическая модель сцены и объектов в ней. Для моделирования использовался программный пакет Autodesk 3Ds Max. Это полнофункциональная профессиональная программная система для создания и редактирования трехмерной графики и анимации. Содержит самые современные средства для художников и специалистов в области мультимедиа. 3Ds Max располагает обширными средствами для создания разнообразных по форме и сложности трехмерных компьютерных моделей, реальных

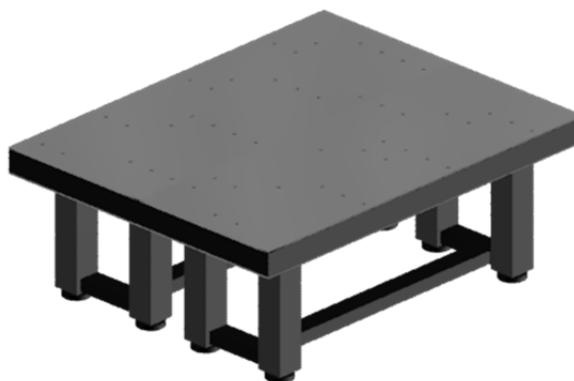
или фантастических объектов окружающего мира, с использованием разнообразных техник и механизмов, включающих следующие:

- полигональное моделирование, в которое входят Editable mesh (редактируемая поверхность) и Editable poly (редактируемый полигон) – это самый распространенный метод моделирования, используется для создания сложных моделей и низкополигональных моделей для игр. Как правило, моделирование сложных объектов с последующим преобразованием в Editable poly начинается с построения параметрического объекта «Box», и поэтому способ моделирования общепринято называется «Box modeling»;
- моделирование на основе неоднородных рациональных В-сплайнов (NURBS) (следует отметить, что NURBS-моделирование в 3Ds Max настолько примитивное, что никто этим методом практически не пользуется);
- моделирование на основе так называемых «сеток кусков» или поверхностей Безье (Editable patch) – подходит для моделирования тел вращения;
- моделирование с использованием встроенных библиотек стандартных параметрических объектов (примитивов) и модификаторов.
- моделирование на основе сплайнов (Spline) с последующим применением модификатора Surface – примитивный аналог NURBS, удобный, однако, для создания объектов со сложными перетекающими формами, которые трудно создать методами полигонального моделирования.
- моделирование на основе сплайнов с последующим применением модификаторов Extrude, Lathe, Bevel Profile или создания на основе сплайнов объектов Loft. Этот метод широко применяется для архитектурного моделирования [2].

В результате было смоделировано лабораторное помещение, идентичное реальной лаборатории для выполнения эксперимента по исследованию характеристик оптических волокон. Результат изображен на рисунке, а.



а



б

Рисунок. Трехмерная модель лаборатории по исследованию характеристик оптических волокон (а); трехмерная модель оптического стола (б)

Лаборатория имеет конкретную тематику, поэтому каждый объект в трехмерной сцене был смоделирован отдельно. Например, оптический стол, который представляет собой очень жесткое и плоское основание, на котором возможно размещение оборудования для проведения экспериментов, высокоточных измерений, прецизионной сборки компонентов сложных технических устройств и агрегатов (рисунок, б).

В ближайшем будущем будет смоделировано освещение и создана реалистичная визуализация данной лаборатории, настроена камера (это невизуализируемый объект, который отображает вид сцены. Расположение и направление обзора определяется положением и ориентацией камеры) для более реалистичного обзора лаборатории для наблюдателя.

Заключение. В результате работы поставленные задачи были выполнены. Конечной целью является создание полноценного комплекса научно-исследовательских лабораторий по различным направлениям науки и техники, работающих в виртуальной реальности. Эффект погружения будет обеспечен с использованием манипуляторов в виде очков виртуальной реальности совместно с контроллером движения. Предлагаемая среда обеспечивает наиболее реалистичное выполнение эксперимента, так как использование дополнительных инструментов в виде очков виртуальной реальности и контроллера движений обеспечивает эффект погружения. Использование виртуальной среды, имитирующей алгоритм выполнения лабораторных работ идентичный выполнению на реальном оборудовании для обучения студентов высших учебных заведений позволит улучшить качество подготовки специалистов.

Литература

1. Трухин А.В. Об использовании виртуальных лабораторий в образовании // Открытое и дистанционное образование. – 2002. – № 4. – С. 81–82.
2. Горелик А.Г. Самоучитель 3ds Max 2012. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 544 с.

УДК 338.04+504.06

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПИВОВАРЕННОЙ ОТРАСЛИ

В.В. Курносова¹

Научный руководитель – к.т.н., доцент О.И. Сергиенко¹

¹Университет ИТМО

В работе проведено исследование параметров наилучших доступных технологий на предприятии пивоваренной отрасли. Рассмотрены уровни потребления ресурсов и экологического воздействия пивоваренного производства. На основе имеющихся данных рассчитаны уровни глобальных воздействий. В целом параметры наилучших доступных технологий соответствуют западным аналогам, но, несмотря на это, экологические проблемы на производстве еще не в полной мере решены.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, параметры, пивоваренная отрасль.

Наилучшая доступная технология (НДТ) представляет собой наиболее эффективную и продвинутую стадию развития технологии, которая создает основу для расчета величин предельно допустимых выбросов, сбросов и образования отходов, предусмотренных для предотвращения или сокращения воздействия на окружающую среду.

Идентификация и исследование параметров наилучших доступных технологий является одной из актуальных проблем, стоящих перед российской пищевой промышленностью, обусловленной изменениями в области нормирования негативного воздействия на окружающую среду, и переходом на технологическое нормирование в соответствии с принципами наилучших доступных технологий к 2018–2020 гг.

Для описания технологий, отнесенных к НДТ, необходимо выявить не только технические параметры технологий и их воздействий, таких как удельные значения потребления сырья, материалов и энергии, но также удельные значения выбросов, сбросов и образования отходов, рассматриваемые как достижимые при использовании технологий. Определению подлежат также методы и приемы повышения ресурсо- и энергоэффективности производства, предотвращения воздействия на окружающую среду, сокращения выбросов, сбросов и образования отходов.

В Европейском Союзе для идентификации НДТ в пищевой промышленности в 2006 г. был издан справочный документ BREF FDM 08/2006 «Производство продуктов питания, напитков и молока», который может быть применен для сравнения к российским предприятиям производственной мощностью 300–500 тыс. гл пива в год [1].

Сведения об эффективности технологий на российских предприятиях в настоящее время содержатся в открытой печати в отчетах по устойчивому развитию, которые создаются в течение ряда лет в соответствии с требованиями глобальной экологической отчетности [2].

Для глобальной экологической отчетности организации должны представлять количественные данные о тех аспектах своей деятельности, которые их заинтересованные стороны определили в качестве важных для бизнеса. К таким показателям относятся и технологические нормативы предприятия, т.е. его удельные показатели выбросов/сбросов и отходов, поступающих в окружающую среду веществ, отнесенные к единице выпускаемой продукции.

В ходе работы рассматривались параметры альтернативных технологий на трех предприятиях-лидерах пивоваренной отрасли [3–5]. Эффективность потребления ресурсов по таким показателям, как потребление воды, электрической и тепловой энергии оказалась в 1,2–1,5 раза ниже, чем европейских НДТ, и это отчасти можно связать с эффектом масштаба. В большей степени соответствие обеспечивается в Компании 1 [3], в которой оптимизация потребления природных ресурсов и сокращение воздействия на окружающую среду давно стали ключевыми приоритетами в обеспечении устойчивого роста. Выбросы парниковых газов за 2012–2014 гг. сократились на 7%, что подтверждает направленность экологической политики компании на энергосбережение. В 2014 году компании удалось улучшить результаты в сравнении с аналогичными показателями за 2013 год: эффективность потребления воды увеличилась на 9%, тепловой энергии – на 4%, электроэнергии – на 3%.

Сравнительная оценка с другими предприятиями отрасли подтверждает высокую ресурсную эффективность производства в компании и позволяет рассматривать полученные показатели Компании 1 в качестве параметров российских НДТ для производителей пива.

Одним из эффективных методов для оценки степени эффективности предприятия в отношении существующего потребления ресурсов и экологического воздействия на окружающую среду является метод оценки жизненного цикла (ОЖЦ), а также сравнение уровней воздействия со значениями, соответствующими наилучшим доступным технологиям.

Оценка жизненного цикла (ЖЦ) (ГОСТ Р ИСО 14040) – это процесс сбора информации, сопоставления и оценки входных и выходных потоков, а также возможных воздействий на окружающую среду на всем протяжении ЖЦ продукции. На основании данных инвентаризационной оценки ЖЦ могут быть рассчитаны уровни глобальных воздействий по следующим категориям: потенциал глобального потепления; эвтрофикация водных объектов; закисление почв и водоемов; истощение водных объектов; потенциал разрушения озонового слоя; потенциал образования фотохимического озона.

ОЖЦ рассматривает ЖЦ продукта на основе его производственной системы, которая выполняет одну или более определенных функций. Разделение производственной системы на единичные процессы обеспечивает детальную идентификацию входных и выходных потоков производственной системы. Элементарные потоки включают в себя потребление ресурсов и выбросы/сбросы в воздух и почву, которые связаны с производственной системой.

Пивоваренные заводы потребляют значительное количество воды и энергии, образуют отходы и сточные воды. Самые значимые аспекты связаны с потреблением энергии и сбросом сточных вод.

В данной работе был выполнен инвентаризационный анализ ЖЦ по единичным процессам в подразделениях Компании 1 на основании данных по выбросам в атмосферу (таблица).

Таблица. Вклад в загрязнение атмосферы подразделений Компании 1

Производство, цех, участок	Выбросы загрязняющих веществ		Процент образования от валового выброса, %
	г/с	т/год	
Цех розлива	0,179586	1,576763	0,70
Бродильно-фильтрационное отделение	0,16844	3,062327	1,36
Теплоэлектростанция	13,043664	177,29141	78,99
Варочное отделение	0,7692983	17,116009	7,63
Центральный материальный склад	0,181445	1,743919	0,78
Склад готовой продукции	0,855016	13,218366	5,89
Автогараж, открытые стоянки	1,0928016	4,51808	2,01

При работе теплоэлектростанции (ТЭС) загрязняющие вещества (азота оксид, азота диоксид, углерода оксид, бенз(а)пирен) поступают в атмосферу в результате следующих процессов:

- прием топлива для котельной и газотурбинной установки (ГТУ) (природный газ, дизельное топливо) – от автотранспорта;
- сжигание природного газа в паровых котлах и ГТУ.

В варочном отделении (ВО) выбросы загрязняющих веществ (зерновая пыль, этанол, пропан-2-ол, ацетальдегид, уксусная кислота) образуются в результате следующих технологических процессов:

- прием зернопродуктов с элеватора в подработочные отделения;
- очищение зернопродуктов в подработочных отделениях;
- дробление зернопродуктов в подработочных отделениях;
- предварительное затираание в заторных котлах;
- фильтрация суслу в фильтр-чанах;
- сбор и кипячение суслу в суслосборочных и сусловарочных котлах;
- осветление суслу в гидроциклонах (вирпулах).

При работе склада готовой продукции (СГП) выбросы загрязняющих веществ образуются:

- при съеме продукции с линий розлива – от работающих погрузчиков;
- при приеме продукции из разгрузочных окон – от работающих погрузчиков и автотранспорта;
- при приеме продукции на погрузчики от железнодорожной рампы;
- при уборке территории склада – от работающих погрузчиков;
- при утилизации просроченной продукции или продукции, не прошедшей контроль качества – от работающих погрузчиков;
- при перетарке/переупаковке продукции – от работающих погрузчиков;
- при отгрузке продукции в упаковках из разгрузочных окон погрузчиками в автотранспорт;
- при отгрузке продукции в упаковках погрузчиками к железнодорожной рампе.

Для расчета данных воздействий был использован программный продукт LCAlight tool, позволяющий одновременно получать результаты воздействия одних и тех же веществ на разные объекты окружающей среды.

На основе полученных данных о выбросах загрязняющих веществ Компании 1 в атмосферу были рассчитаны следующие показатели категорий воздействия:

- по массе выбросов парниковых газов – потенциал глобального потепления (ПГП) 13,878822 г CO₂ – экв.;
- по массе выбросов озоноразрушающих веществ – потенциал разрушения озонового слоя (ПРОС) 0,00037856 г CFC11 – экв.;
- по массе выбросов веществ, способствующих образованию фотохимического озона – потенциал фотохимического образования озона (ПФОО) 0,206353 г этен – экв.;
- по массе выбросов кислых газов – потенциал закисления (ПЗ) 0,149417 8 моль Н⁺;
- по массе выбросов веществ, способствующих эвтрофикации – потенциал эвтрофикации (ПЭ) 32,59796 г O₂ – экв.

Показатели категорий воздействия от подразделений предприятия показаны на рисунке. Предприятие оказывает наибольшее негативное воздействие на глобальное изменение климата и эвтрофикацию.

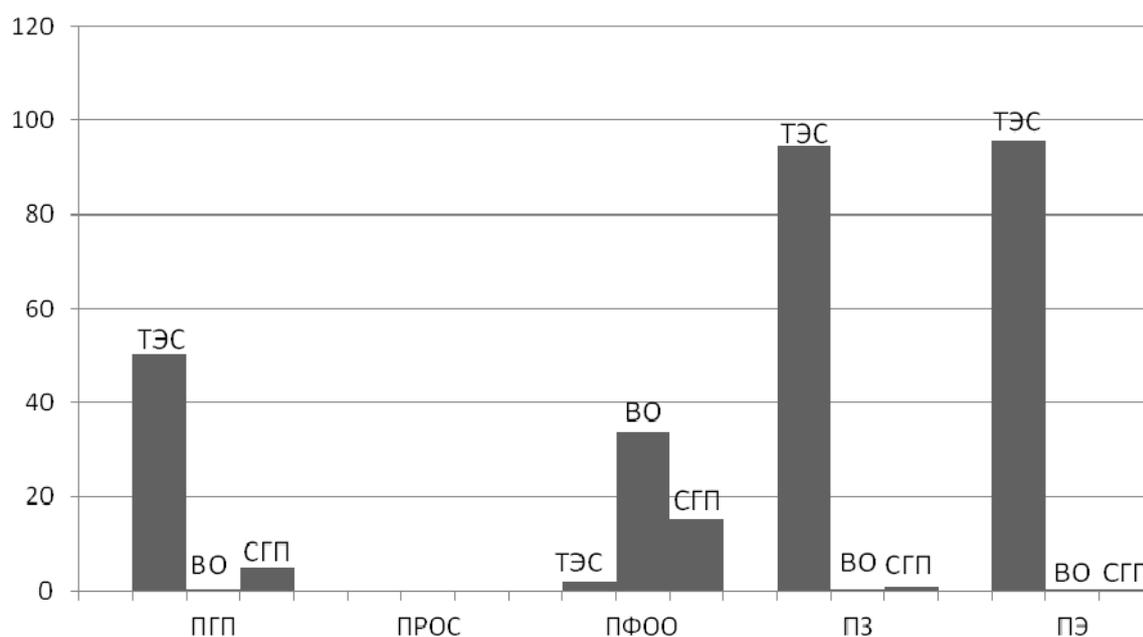


Рисунок. Уровни глобальных воздействий подразделений Компании 1, %:
ТЭС – теплоэлектростанция; ВО – варочное отделение; СГП – склад готовой продукции

Как видно из рисунка, наибольший вклад в потенциал глобального потепления оказывает работа теплоэлектростанции – 50%. Подразделения не оказывают существенного влияния на разрушение озонового слоя. Образование фотохимического озона происходит в результате работы варочного отделения и склада готовой продукции. На потенциалы закисления и эвтрофикации значительное влияние оказывает ТЭС.

Полученные уровни глобальных воздействий Компании 1 могут рассматриваться как глобальные параметры НДТ в пивоваренной отрасли.

Обеспечение экологических параметров НДТ может использоваться для целей комплексного предотвращения загрязнения за счет снижения энергоемкости и ресурсоемкости производственных процессов. Для пивоваренной отрасли существует ряд нерешенных проблем, которые требуют дальнейшего рассмотрения, как на уровне технологий, так и на уровне практик хозяйствования. К ним относятся снижение ресурсоемкости упаковочных материалов, сокращение образования сточных вод и размещения отходов, и в первую очередь отработанного кизельгура. Снижение прямых и косвенных выбросов парниковых газов в цепочке создания продукции представляет также актуальную задачу, связанную с повышением энергоэффективности производства.

Литература

1. BREF FDM 08.2006. Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prtres.es/data/images/BREF%20Industria%20Alimentaria-0D1FD3D62FB0DB4D.pdf>, своб.
2. Global Reporting Initiative [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.globalreporting.org/Pages/default.aspx>, своб.
3. Отчет об устойчивом развитии на предприятии ООО «Пивоваренная компания «Балтика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://corporate.baltika.ru/i/msg/7113/baltika_otchet_ob_ustoychiwom_razwitii_2014.pdf, своб.
4. Отчет об устойчивом развитии на предприятии ООО «Пивоварня Хейнекен» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.heinekenrussia.ru/upload/Heineken_CSR_2014.pdf, своб.
5. Отчет об устойчивом развитии на пивоваренной компании «Efes Rus» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.anadoluefes.com/dosya/surdurulebilirlikraporu_in/Anadolu-Efes-Sustainability-Reporting-Index-2014.pdf, своб.

УДК 334.02

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ПОТЕНЦИАЛОМ К САМОРАЗВИТИЮ И ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ КОМПАНИИ

А.В. Кунашко¹

Научный руководитель – Е.О. Соловьёва¹

¹Санкт-Петербургский филиал Финансового университета при Правительстве
Российской Федерации

В работе рассмотрена актуальная проблема современного менеджмента, связанная с управлением способностью предприятия к саморазвитию и самоорганизации. Были выявлены основные результаты в деятельности организации, непосредственно влияющие на ее эффективность, после внедрения системы, повышающей потенциал организации к саморазвитию.

Ключевые слова: потенциал к самоорганизации, эффективность организации, «Менеджмент 2.0», корпоративная культура, мотивация, лидерство.

В отечественной экономической литературе последних десятилетий вряд ли можно найти более распространенное понятие, чем эффективность. В общем представлении эффективность характеризует развитые системы, процессы, явления. Она выступает как индикатор развития, и в то же время его важнейшим стимулом.

Смена парадигмы современного менеджмента связана с новым пониманием роли работника в организации – как активного субъекта управления, равноправного партнера организации, содействующего ее успеху.

Тем не менее, российским компаниям до сих пор свойствен авторитарный стиль управления с жестким контролем за принятием решений и их дальнейшей реализацией, полной зависимостью сотрудников от произвола руководства, жесткой субординацией между руководителем и подчиненным, отсутствием проактивности работников (работники подчинены внешним условиям и подавляют свои внутренние стремления и стимулы).

Можно утверждать, что большая часть российских компаний пренебрегает использовать такой мощный инструмент менеджмента как управление потенциалом к саморазвитию организации. Скорее всего, это связано с тем, что менеджеры не видят зависимости между способностью предприятия к саморазвитию и его эффективностью. Данная проблема определила **цель работы** – выявить влияние потенциала к саморазвитию на эффективность организации.

Организационная структура может считаться эффективной при условии согласованности и взаимосвязи структурообразующих факторов, которые в совокупности способствуют достижению общих целей организации. Основная концепция менеджмента, которая учитывает влияние потенциала к саморазвитию на эффективность компании получила название «Менеджмент 2.0». Данная концепция была разработана известными учеными-экономистами, а также руководителями компаний и бизнесменами, ее суть сводится к следующему:

1. административный ресурс имеет ограниченную зону влияния для обеспечения устойчивого развития организации;
2. инициативу, креативность, стремление к самореализации в профессиональной деятельности каждого работника, можно использовать как неиссякаемый ресурс долгосрочного, конкурентоспособного и устойчивого развития предприятия [1].

Это, в свою очередь, является свидетельством непосредственного влияния потенциала к самоорганизации на экономическую устойчивость компании и ее эффективность, создавая тем самым важнейший механизм развития предприятия через инициирование самодеятельности и лидерской культуры.

Ключевым для определения процессов саморазвития и самоорганизации является четкое понимание того, что процессы саморазвития и самоорганизации могут носить стихийный или сознательный характер, быть «естественными» или «искусственными». В рамках этого деления и возникла теория «2С-систем», предложенная С.В. Комаровым в 2012 г. Теория «2С-систем» – это концепция, во-первых, построения системы управления организации, во-вторых, сознательного управления процессами развития организации за счет использования ее внутреннего динамического потенциала.

Изменения в организации по объективным причинам не могут происходить сами по себе, они являются результатом проявления творческой инициативы человека. Так, «2С-системы» состоят из следующих элементов: мотивация, система развития персонала, эффективное лидерство, гибкая организационная структура управления, организационная культура компании [2].

Изучив основные элементы динамичной саморазвивающейся организации, можно провести параллель между ними и эффективностью компании, что отражено в таблице.

Таблица. Влияние потенциала к саморазвитию на эффективность организации

Действия, способствующие повышению потенциала к саморазвитию организации	Результат для работника	Эффект для организации
Введение системы мотивации персонала (преимущественно нематериальными средствами)	Персонал обретает смысл в работе, чувствует груз возложенной ответственности и получает возможность видеть результаты своей работы, что сказывается на вовлеченности в рабочий процесс.	Снижается текучесть кадров. Снижается количество прогулов и отсутствия на рабочем месте.
Формирование и поддержание корпоративной культуры компании	Работники чувствуют себя приверженными общей цели, философии, у них появляется определенный настрой. Сотрудники более склонны брать на себя добровольные обязательства по отношению к организации.	Разделяемые в организации верования и ценности помогают ей адаптироваться, достичь целей, объединиться и доказать свою полезность людям и другим организациям.

Действия, способствующие повышению потенциала к саморазвитию организации	Результат для работника	Эффект для организации
Совершенствование системы развития персонала (посредством обучающих тренингов и курсов)	Персонал становится более квалифицированным и обладает достаточным уровнем знаний для воплощения новых идей в жизнь.	Более качественное выполнение работы.
Создание условий для развития лидерства: делегирование прав и ответственности для принятия управленческих решений	Происходит формирование взаимного доверия, появляется возможность проявления инициативы и самостоятельности.	Повышение качества и оперативности принятия управленческих решений, улучшение морально-психологического климата.
Обеспечение функциональной гибкости подразделений	Развитие широты мышления, расширение компетентности и специализации.	Высокая инновационная активность, реализация новых проектов.
Обеспечение финансовой самостоятельности подразделений	Развитие внутреннего предпринимательства, формирование чувства неограниченных возможностей, восприятие работником целей организации как своих собственных.	Сотрудники работают на общий результат. Растет эффективность труда.

1. Мотивация. Согласно исследованиям, способность людей хорошо выполнять свою работу тесно связана с существенными психологическими условиями, в которых ее нужно выполнять. К основным условиям можно отнести наличие смысла в работе, ощутимый груз возлагаемой ответственности, а также возможность видеть результаты своей работы.

Мотивация влияет не только на уровень активности человека, но и на успешность проявления этой активности, в частности на эффективность деятельности [3].

2. Организационная культура компании. Как известно корпоративная культура закрепляет нормы поведения персонала в компании. При наличии правильно сформированной культуры, организация будет иметь все предпосылки для саморазвития [4].

Авторы известного бестселлера «В поисках успешного управления» Т. Питерс и Р. Уотерман обнаружили связь между культурой и успехом в работе организации. Взяв за образец успешные американские фирмы и описав управленческую практику, они вывели ряд верований и ценностей корпоративной культуры, которые и привели эти компании к успеху (рисунок).

3. Система развития персонала. Как уже было отмечено выше, человеческий ресурс в саморазвивающихся организациях является основным источником изменений. Помимо наличия мотивации, персонал также должен обладать достаточным уровнем квалификации для воплощения новых идей в жизнь.



Рисунок. Ценности корпоративной культуры успешных компаний
(Т. Питерс., Р. Уотерман)

4. Эффективное лидерство. Организация должна иметь все условия для развития лидерства посредством делегирования сотрудникам самостоятельно начинать и развивать новые проекты. Зачастую такое возможно за счет развития лидерства и децентрализации управления. Мировой практический опыт менеджмента подтверждает тот факт, что адаптивность и саморазвитие присущи децентрализованным системам, способствуя развитию творчества и инициативности.
5. Обеспечение функциональной гибкости подразделений. Функциональная гибкость подразделений является принципом построения адаптивной организационной структуры. В этих условиях само рабочее место становится мотивирующим стимулом к саморазвитию. Постоянно изменяющиеся внешние условия и конкурентная экономическая среда требуют от работников постоянного совершенствования и расширения своих полномочий и навыков, позволяя поддерживать адаптивную саморазвивающуюся среду внутри организации.
6. Обеспечение финансовой самостоятельности подразделений. Уровень финансовой самостоятельности подразделений – важный параметр организационной структуры, в основе которого находится идея развития внутреннего предпринимательства. Наличие данного условия в конечном итоге может привести к формированию поведения, описываемого как сопредпринимательство (когда работник воспринимает цели организации как свои собственные) [5].

Таким образом, потенциал к саморазвитию организации – это мощный инструмент, который менеджер может использовать для повышения эффективности своей компании. Пренебрегать им может оказаться губительно для организации, функционирующей в современном мире, поскольку данный подход управления обеспечивает высокую степень адаптивности компании, ее способности быстро реагировать на изменяющиеся условия внешнего и внутреннего характера, позволяет максимально использовать инициативность и предприимчивость своих сотрудников.

Литература

1. Хэмел Г. Менеджмент 2.0.: новая версия для нового века [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.germostroy.ru/art_887.php, своб.
2. Комаров С.В. Молодчик А.В. Методологические основы теории 2С-систем: механизмы самоорганизации и матрица организационного развития // Вестник Пермского университета. – 2012. – № 2(13). – С. 124–130.
3. Соловьева Е.О., Соснило А.И. Модели развития образовательных учреждений в условиях перехода к новому технологическому укладу // Управленческие науки в современной России. – 2014. – Т. 2. – № 2. – С. 7–10.

4. Асаул А.Н., Асаул М.А., Ерофеев П.Ю., Ерофеев М.П. Культура организации: проблемы формирования и управления. – СПб.: Гуманистика, 2012. – 231 с.
5. Семенова И.В. Организационная структура предприятия как фактор мотивации саморазвития работника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ekonomika.snauka.ru/2015/09/9681>, своб.

УДК 658.012

**УЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА В ОБРАБОТКЕ И ОЦЕНКЕ
ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ**

А.В. Кунашко¹

Научный руководитель – Е.Н. Трофимец¹

¹Санкт-Петербургский филиал Финансового университета при Правительстве
Российской Федерации

В работе рассмотрена необходимость учета экологического фактора в разработке и принятии инвестиционного проекта, проанализированы его возможные эколого-экономические взаимосвязи, приведена методика оценки инвестиционных проектов с расчетом денежных экотоков, позволяющая сделать вывод об эколого-экономической эффективности проекта и предупредить возможные риски благодаря анализу нескольких сценариев развития проекта.

Ключевые слова: оценка инвестиционного проекта, методика, финансово-экономическая устойчивость, экологический фактор, экотоки.

В рамках концепции устойчивого развития ресурсосберегающая политика – самый эффективный путь решения нарастающих экологических проблем в социальных и экономических системах.

Когда бизнесу представляется возможность наглядно видеть и оценивать эффективность проекта не только на основе его коммерческой успешности, но также на основе его влияния на экологию и возникшие в связи с этим внешние эффекты, бизнес станет более сознательным в плане социальной ответственности.

Учет экологического фактора способен повысить финансово-экономическую устойчивость проекта благодаря формированию положительного облика компании, ее позиционированию в обществе и на рынке, а также, в некоторых случаях, привести к значительным сокращениям издержек производства.

Так в 2014 году доля возобновляемых источников в потребляемой Unilever (Юнилевер) энергии составляла 28%. Компания утверждает, что она сэкономила уже более 400 млн евро благодаря своей «зеленой» политике и разработала проект по переходу на 100% возобновляемые источники энергии к 2030 году. Более того, бизнес, выполняющий свои общественные и социальные обязательства, согласно данным исследования Института Международной Бизнес Этики (International Business Ethics Institute), в среднем, имеет доход на 18% выше, а также отличается более эффективным функционированием.

Проблема заключается в том, что комплексных методик, позволяющих дать оценку эколого-экономической эффективности и устойчивости проекта, на данный момент нет.

В настоящее время существуют методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, утвержденные Министерством экономики Российской Федерации (РФ) и Министерством финансов РФ. Однако в данном документе не уделяется особого внимания экологическому фактору, если не брать в расчет оценку эффективности общественно значимых проектов. В методике предлагается проводить количественную оценку показателей, отражающих только коммерческую эффективность инвестиционных проектов [1].

Также в методическом пособии по экологической оценке инвестиционных проектов, разработанном специалистами Исполнительной дирекции Российской программы организации инвестиций в оздоровление окружающей среды, уделено внимание лишь тем проектам, которые направлены на ресурсосбережение природопользования и улучшение экологической обстановки в регионах без оценки коммерческой эффективности проекта, что делает его малопривлекательным для бизнеса.

На основе проведенных исследований в этой области, был разработан алгоритм обработки инвестиционного проекта с учетом экологического фактора (рис. 1).

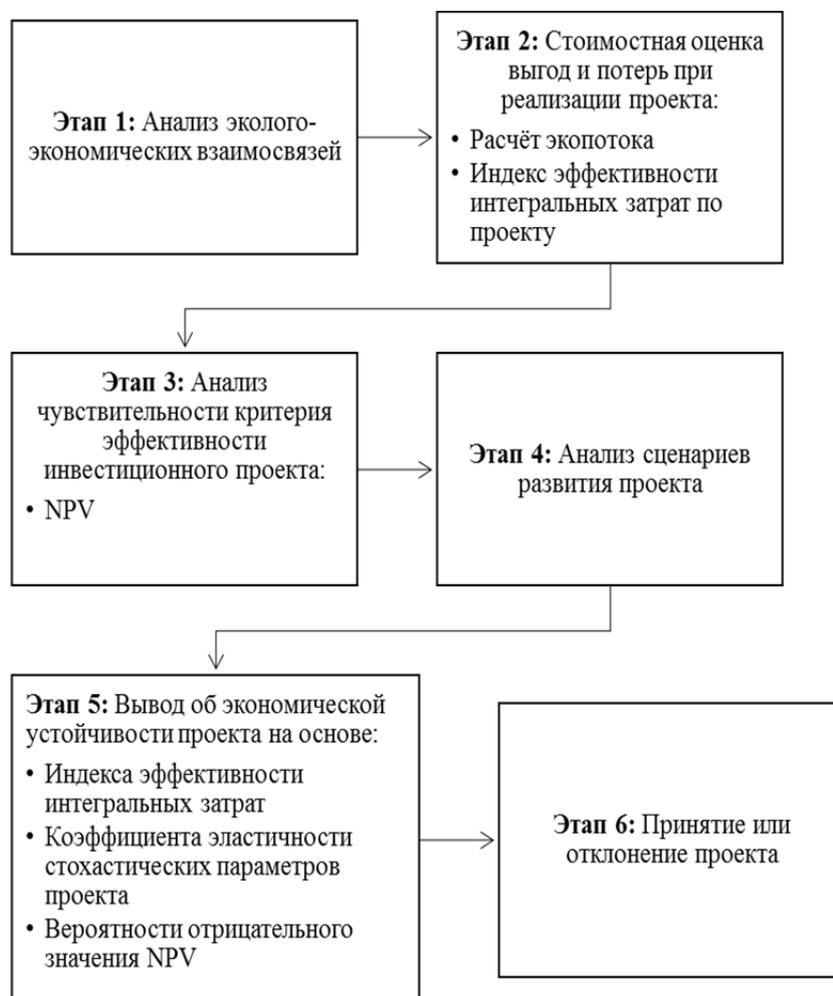


Рис. 1. Алгоритм оценки инвестиционного проекта с учетом экологического фактора

Далее приступим к практическому применению полученных результатов исследования на реальных проектах строительной компании ООО «Честр-Инвест».

Этап 1. На этапе анализа эколого-экономических взаимосвязей необходимо выявить связь между природными, техногенными, экономическими элементами при реализации проекта. На рис. 2 указан результат анализа в общем виде для строительной компании.

Этап 2. Стоимостная оценка выгод и потерь при реализации проекта должна включать в себя денежные потоки и оттоки в ходе реализации проекта. Причем наряду с потоками от инвестиционной и операционной деятельности должны быть учтены так называемые экопотоки [2].

В нашем случае в качестве притоков денежных средств была учтена выручка от переработки отходов строительства, которая, согласно прогнозам, составит 770000 для первого проекта, подразумевающего снос здания и переработку строительного мусора, и 17500 для второго соответственно. В качестве оттоков были учтены инвестиции в переработку отходов, составившие 356000 для проекта № 1 и 120000 для проекта № 2.



Рис. 2. Эколого-экономические взаимосвязи проекта

Чтобы комплексно оценить потери и выгоды при реализации проекта, будем использовать индекс эффективности интегральных затрат, основанный на не дисконтированном индексе рентабельности. Помимо затрат и выгод от инвестиционной, операционной и финансовой деятельности, были включены затраты и результаты от экологической деятельности [3]. Для первого проекта: $I=1,335644435$; для второго проекта: $I=1,276376752$.

Этап 3. Как известно, существуют различные критерии эффективности проекта, в нашем случае будем использовать такой критерий, как NPV (Net Present Value). Для этого составляется математическая модель, в которой учитывается взаимосвязь между исходными параметрами проекта и критерием его эффективности [4]. Данная модель для строительной компании будет выглядеть следующим образом:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(Q(P-VC_1)-FC-A)(1-T)+A+F}{(1+r)^t} - I_0,$$

где r – норма дисконта; n – число периодов реализации проекта; Q – общее количество жилых квадратных метров в проекте; P – цена за квадратный метр в рублях; FC – постоянные издержки в рублях; VC_1 – переменные издержки на один квадратный метр в рублях; A – амортизационные отчисления в рублях; T – налог на прибыль, %; I_0 – инвестиции; F – экологический поток инвестиционного проекта.

Норма дисконта была рассчитана кумулятивным методом сотрудниками финансового отдела компании. Для первого проекта NPV равно 3276428,78 тыс. руб.; для второго проекта NPV равно 3314568,21 тыс. руб.

Этап 4. Далее путем изменения значений исходных параметров проекта исследуется их влияние на критерий эффективности при помощи расчета коэффициента эластичности [5]. Благодаря данному методу можно выяснить влияние каждого из параметров на результат проекта.

Наиболее критическими оказались следующие факторы данных инвестиционных проектов:

1. цена за квадратный метр (это означает, что в ходе реализации проекта необходимо улучшить программу маркетинга и (или) повысить качество квартир);
2. количество квадратных метров (что говорит о том, что следует уделить больше внимания совершенствованию внутреннего менеджмента предприятия и ввести специальные меры по повышению производительности);
3. переменные издержки (целесообразно улучшить отношения с поставщиками, заключив долгосрочные контракты, позволяющие снизить закупочную цену сырья).

В нашем случае экологическая деятельность оказывает незначительное влияние на показатель эффективности проекта.

Этап 5. Сравнение проектов показало, что несмотря на то, что *NPV* проекта № 1 меньше, рациональнее выбрать именно его, так как вероятность убыточности проекта также меньше, при том, что индекс интегральных затрат по проекту больше.

Таким образом, предлагаемая методика обработки инвестиционных проектов предприятия имеет ряд новых аспектов, прежде всего, это практический учет экологического фактора. И в то же время, ведущую роль играет показатель чувствительности критерия эффективности инвестиционного проекта, в расчете которого должны быть отражены экологические аспекты денежных потоков фирмы. В этом плане предлагаемая схема принципиальным образом отличается от традиционных подходов к разработке и оценкам инвестиционных проектов.

Литература

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (третья редакция). – М.: Министерство экономики РФ, 2008. – 221 с.
2. Борлакова А.К. Оценка инвестиционных проектов с учетом экологического фактора // Эффективное антикризисное управление. – 2012. – № 6. – С. 34–39.
3. Трофимец Е.Н., Трофимец В.Я. Пути повышения мотивации к изучению математики у студентов-экономистов на основе профессионально-ориентированных экономических задач // Бесконечномерный анализ, стохастика, математическое моделирование: новые задачи и методы. Проблемы математического и естественнонаучного образования: сб. статей Международной конференции. – 2015. – С. 334–338.
4. Трофимец Е.Н. Интегральный подход в обучении математике студентов-экономистов: монография. – Ярославль: ЯГТУ, 2009. – 170 с.
5. Трофимец В.Я., Трофимец Е.Н. Имитационное статистическое моделирование в образовательном процессе студентов-экономистов // Вестник Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова. Серия Гуманитарные науки. – 2010. – № 1. – С. 123–129.

УДК 681.772.7

ФОРМИРОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

П.В. Курочкина¹, В.А. Рыжова¹

¹Университет ИТМО

Сформированы критерии эффективности систем видеонаблюдения, которые позволят создать надежную систему городского видеомониторинга для обеспечения безопасности жизнедеятельности объектов. Также выработаны требования к критериям эффективности, возникающие вследствие оптимизации систем видеонаблюдения в составе комплексной системы безопасности.

Ключевые слова: эффективность, критерии эффективности, система видеонаблюдения.

Одной из главных задач на этапах разработки систем обеспечения безопасности жизнедеятельности объектов социальной инфраструктуры является повышение эффективности обеспечения безопасности объектов защиты путем снижения вероятности реализации угроз природного, техногенного, криминального, террористического и иного характера. Для решения этой задачи необходимо разработать систему видеомониторинга, отвечающую критериям ее эффективного функционирования [1–3].

Эффективность любой сложной технической системы отражает ее приспособленность к выполнению своей целевой функции. Для того чтобы «измерить» эффективность, необходимо иметь обоснованный критерий. В качестве критерия эффективности, он же критерий оптимальности и критерий принятия решений, будем рассматривать признак, позволяющий дать сравнительную оценку предложенных альтернатив и выбрать оптимальное решение. На практике применяют следующие типы критериев:

1. критерии типа «результат-затраты», позволяющие оценивать достижение целей функционирования системы видеонаблюдения при заданных затратах (для оценки экономической эффективности системы);
2. элиминирующие критерии, позволяющие оценить качество системы видеонаблюдения по заданным показателям и исключить те варианты, которые не удовлетворяют заданным ограничениям (например, методы многокритериальной оптимизации);
3. взвешивающие критерии – искусственно сконструированные критерии, позволяющие оценивать интегральный эффект.

К критерию эффективности должны предъявляться следующие требования:

- объективность – «прозрачность» математической модели и объективность оценок;
- представительность – отражение всех значимых сторон функционирования системы видеонаблюдения;
- чувствительность инструмента оценки – выходной результат должен отражать варьирование входных данных в заданных пределах;
- интерпретируемость – простая и удобная форма, пригодная для заключения об эффективности системы на основе данного критерия.

Рассмотрим подробнее показатель «результат-затраты» на примере работы системы видеонаблюдения для обеспечения безопасности жизнедеятельности объектов бюджетной организации. В частном случае рассматриваемая социальная структура располагается в одном здании и не оборудована системой видеонаблюдения в составе комплексной системы обеспечения безопасности. Расходы бюджетной организации, связанные с факторами, напрямую влияющими на безопасность, а также ущерб, связанный с отсутствием системы видеонаблюдения, составляют N (руб./год). Зная факторы и критерии, которые необходимо учесть при разработке конкретной системы видеонаблюдения для конкретной социальной структуры, можно вывести стоимость M (руб.), которая будет включать в себя стоимость проектирования, монтажа, а также стоимость эксплуатации данной системы в течение пяти лет. Таким образом, можно вывести пропорцию целесообразности внедрения данной системы: $5N > M$. В обратном случае, где $5N < M$, необходимо рассмотреть целесообразность внедрения системы в целом, а также возможность корректировки системы в части удаления подсистем, которые значительно уменьшат стоимость M и незначительно уменьшат эффективность самой системы в целом. Таким образом, оптимизировав критерии можно значительно уменьшить как постоянные, так и фактические затраты на разработку системы, получив нужное соотношение $5N > M$. Период эксплуатации в 5 лет принят условно, так как конкретный срок зависит от деятельности, численности структуры, а также технико-экономических показателей объекта. В связи с этим конкретное соотношение $(X)N > M$ необходимо рассчитать, принимая во внимание конкретные исходные данные защищаемого объекта.

Для эффективного повышения безопасности объекта оборудование и программное обеспечение системы видеонаблюдения необходимо выбирать по критерию «результат-затраты»:

$$Z = B / Q, \quad (1)$$

где Z – критерий эффективности системы видеонаблюдения; $B=f(P\Delta)$ – степень повышения безопасности объекта, как функция снижения вероятности реализации потенциальных угроз $P\Delta$; $Q=f(S,T)$ – затраты, как функция стоимости S владения

системой видеонаблюдения и времени T решения задач видеоаналитики уязвимых зон объекта.

Решение задач видеоаналитики уязвимых зон любого объекта возможно тремя способами:

1. визуально – оператором системы видеонаблюдения;
2. автоматически – программно-аппаратным комплексом системы видеонаблюдения;
3. автоматизировано (визуально и автоматически), путем сочетания преимуществ оператора и программно-аппаратного комплекса при решении задач видеоаналитики.

Критерий эффективности систем видеонаблюдения позволяет оценить целесообразность видеоконтроля уязвимых зон любого объекта и выбрать оптимальный состав оборудования и программного обеспечения. При фиксации затрат оптимальной будет система видеонаблюдения, обеспечивающая максимально возможную безопасность объекта. При фиксации уровня безопасности объекта оптимальной будет система видеонаблюдения с минимальной стоимостью владения.

Стоит отметить различие постановки задачи: выбор наиболее рационального варианта построения системы видеонаблюдения из нескольких вариантов (задача анализа) и оптимизация параметров системы видеонаблюдения, т.е. назначение некоторого набора оптимальных характеристик системы как исходных данных для проектирования (задача синтеза). Эти задачи связаны между собой, так как базируются на применении одних и тех же оптимизационных методов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Правительства Российской Федерации, Грант 074-U01.

Литература

1. Волхонский В.В. Системы охранной сигнализации. – 2-е изд., доп. и перераб. – СПб.: Экополис и культура, 2005. – 204 с.
2. Гедзберг Ю.М. Охранное телевидение. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 312 с.
3. Малышев В.П., Горбунов С.В. Концепция комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения на территориальном уровне (на примере Вологодской области) // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2012. – Вып. 2. – Т. 2. – С. 7–15.

УДК 535.317

РАСЧЕТ НАСАДКИ ДЛЯ ДЛИННОФОКУСНОГО ОБЪЕКТИВА

К.А. Кутейникова¹, Г.В. Карпова¹

Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.В. Карпова¹

¹Университет ИТМО

В работе рассмотрен лазерный дальномер, для зрительной трубы которого необходимо рассчитать насадку, изменяющую увеличение и угловое поле исходной оптической системы. Помимо этого необходимо было добиться сохранения качества системы. Рассчитанная насадка представляет собой афокальную линзу, а также телескопическую систему, построенную по принципу системы Галилея.

Ключевые слова: расчет оптических систем, линзовый объектив, линзовая насадка, зрительная труба, лазерный дальномер, система Галилея, телескопическая линза, афокальная линза.

Телескопические системы имеют широкое применение как самостоятельные системы, так и в качестве составляющих многих оптических приборов.

Основной практической задачей является изменение характеристик зрительной трубы лазерного дальномера посредством добавления насадки, рассчитанной таким

образом, чтобы увеличение исходной системы изменилось с $6\times$ до $12\times$, и угловое поле с 6° до 3° . В данной работе был выбран метод изменения увеличения зрительной трубы посредством добавления в систему афокальной насадки.

Для увеличения масштаба изображения в исходной системе можно использовать следующие виды насадок:

1. система с отрицательным фокусным расстоянием, увеличивающая фокусное расстояние объектива. Самый простой вариант такой системы – отрицательная линза, располагаемая перед объективом [1];
2. афокальная насадка, состоящая из отрицательной линзы, изменяющая масштаб изображения и сохраняющая рабочий отрезок объектива [2];
3. насадка, рассчитанная по принципу системы Галилея, состоящая из положительного объектива и отрицательного окуляра.

Так как необходимо сохранить систему телескопической, для лазерного дальномера рассчитывалась афокальная насадка.

Оптическая система лазерного дальномера «RangeFinder SPI1000» включает в себя объектив, призмennую оборачивающую систему (составную призму Шмидта–Пехана), ЖК-дисплей и окуляр.

Конструктивные параметры исходной системы зрительной трубы, построенной по схеме Кеплера, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Конструктивные параметры исходной системы

r , мм	d , мм	Материал	n_e
		Воздух	1,0
46,732	8,0	ЛК3	1,4891
-28,156	5,01	Ф13	1,6241
-76,439	77,24	Воздух	1,0
36,519	1,19	Ф2	1,6205
12,887	3,94	К8	1,5183
-15,05	0,36	Воздух	1,0
15,05	3,94	К8	1,5183
-12,887	1,19	Ф2	1,6205
-36,519		Воздух	1,0

Характеристики системы: угловое поле в пространстве предметов $2\omega=6^\circ$; увеличение $\Gamma=6\times$; диаметр входного зрачка $D=21$ мм. Призмennая оборачивающая система на данном этапе расчета не учитывается.

Аберрации исходной системы представлены в табл. 2–4.

Таблица 2. Аберрации точки на оси

m , отн.	$\Delta y'$, гр. мсек	W , дл. волн	$\eta(\%)$	$S'_{F'} - S'_{C'}$, дптр
1,0	0,02	-0,79	0,38	0,79
0,707	-0,02	-0,47	0,2	0,92
0	0	0	0	0

Таблица 3. Аберрации главного луча

ω	y' , гр. мсек	Δ , %	z'_s , дптр	z'_m , дптр	$z'_s - z'_m$, дптр	$\omega'_{F'} - \omega'_{C'}$, гр. мсек
3°	-18,26	5,99	3,29	2,68	0,61	-0,08
$2^\circ 07'$	-12,53	2,89	1,67	1,51	0,16	-0,06
0	0	0	0	0	0	0

Таблица 4. Аберрации широкого наклонного пучка лучей в меридиональном сечении

m отн.	$\omega=3^\circ$	$\omega=2^\circ 07'$
	$\Delta\omega'$, гр. мсек	$\Delta\omega'$, гр. мсек
1,0	-0,16	-0,12
0,707	-0,16	-0,12
0	-0,0005	-0,0002
-0,707	0,08	0,04
1,0	0,06	0,003

Для того чтобы получить систему с увеличением 12^\times , необходимо рассчитать афокальную насадку в виде отрицательной линзы с увеличением 2^\times . Простейший вариант такой насадки – телескопическая линза, т.е. линза, преобразующая параллельные лучи, падающие на нее, также в параллельные при их выходе из линзы [3].

Расчет телескопической линзы выполняется по следующим формулам:

$$r_1 - r_2 = \frac{d(n-1)}{n}, \quad (1)$$

$$\Gamma = \frac{r_1}{r_2}. \quad (2)$$

Рассчитаем телескопическую линзу при условии, что у нас даны: толщина линзы $d=55$ мм, марка стекла СТК9 ($n_e=1,746$), увеличение $\Gamma=2^\times$.

Тогда из формул (1) и (2):

$$r_1 = r_2 \Gamma$$

$$r_2 \Gamma = r_2 + \frac{d(n-1)}{n}$$

$$r_2 = \frac{d(n-1)}{n(\Gamma-1)} = \frac{55 \cdot 0,746}{1,746} = 23,5015 \text{ мм}$$

$$r_1 = 23,5015 \cdot 2 = 47,003 \text{ мм.}$$

Толщина линзы была выбрана 55 мм, поскольку в более толстой телескопической линзе легче справиться с аберрациями. Для уменьшения сферической аберрации первая поверхность была выполнена асферической. Применение асферических поверхностей в оптических системах позволяет улучшить качество изображения (исправление сферической аберрации и комы), а также упростить оптическую систему. Даже одна асферическая поверхность второго порядка позволяет существенно улучшить качество изображения системы.

Для ахроматизации изображения в афокальную линзу ввели поверхность, разделяющую оптические среды с близкими показателями преломления и различными коэффициентами дисперсии. В качестве хроматической пары для склейки были выбраны стекла СТК9–ТФ4 [4].

Конструктивные параметры афокальной насадки представлены в табл. 5.

Таблица 5. Конструктивные параметры насадки

r , мм	d , мм	Материал	n_e
		Воздух	1,0
47,003	45,0	СТК9	1,4891
107,0	10,0	ТФ4	1,6241
23,502		Воздух	1,0

Характеристики системы после добавления насадки: угловое поле в пространстве предметов $2\omega=3^\circ$; увеличение $\Gamma=12^\times$; диаметр входного зрачка $D=36$ мм.

Ход лучей в системе «афокальная насадка вместе с основной трубой Кеплера» представлен на рис. 1, расстояние между насадкой и трубой 30 мм.

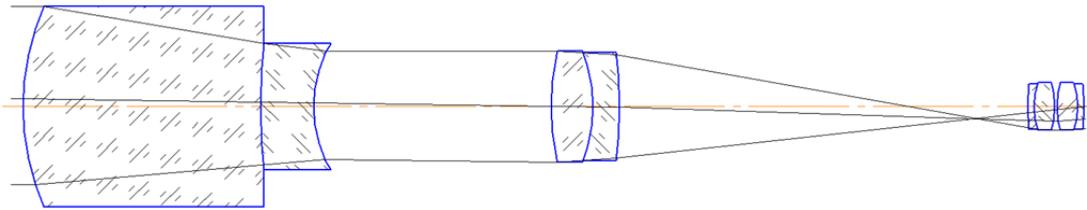


Рис. 1. Ход лучей в системе

Остаточные aberrации представлены в табл. 6–8.

Таблица 6. Aberrации точки на оси

m , отн.	$\Delta y'$, гр. мсек	W , дл. волн	$\eta(\%)$	$S'_{F'} - S'_{C'}$, дптр
1,0	0,01	0,06	1,41	0,02
0,707	-0,0007	0,05	0,71	0,09
0	0	0	0	0

Таблица 7. Aberrации главного луча

ω	y' , гр. мсек	Δ , %	z'_s , дптр	z'_m , дптр	$z'_s - z'_m$, дптр	$\omega'_{F'} - \omega'_{C'}$, гр. мсек
$1^\circ 30'$	-18,24	5,92	2,9	2,42	0,48	-0,13
$1^\circ 03'$	-12,52	2,86	1,48	1,38	0,1	-0,09
0	0	0	0	0	0	0

Таблица 8. Aberrации широкого наклонного пучка лучей в меридиональном сечении

m отн.	$\omega=1^\circ 30'$	$\omega=1^\circ 03'$
	$\Delta\omega'$, гр. мсек	$\Delta\omega'$, гр. мсек
1,0	-0,56	-0,39
0,707	-0,3	-0,21
0	0,00003	0,00001
-0,707	-0,14	-0,11
1,0	-0,36	-0,28

Также был осуществлен расчет афокальной насадки по схеме системы Галилея с увеличением 2^\times , конструктивные параметры которой представлены в табл. 9. Ход лучей в системе «насадка вместе с основной трубой Кеплера» показан на рис. 2, расстояние между насадкой и трубой 3 мм.

Таблица 9. Конструктивные параметры насадки

r , мм	d , мм	Материал	n_e
		Воздух	1,0
100,201	2,29	ТФ5	1,7617
49,281	9,52	БФ13	1,6427
-1070,26	78,25	Воздух	1,0
-102,669	2,78	ТФ3	1,7231
-37,574	2,1	БК10	1,5713
66,843		Воздух	1,0

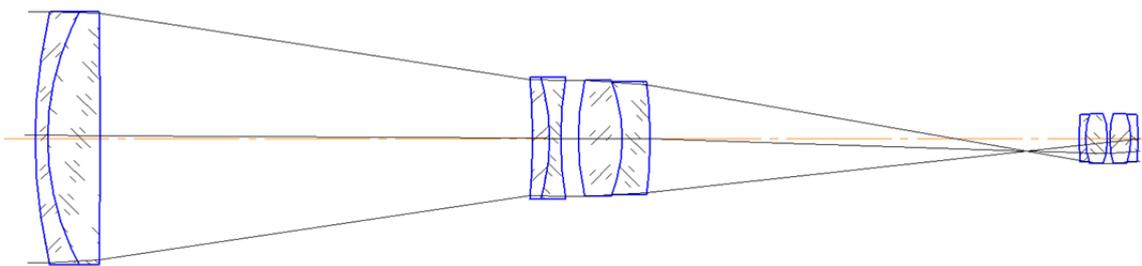


Рис. 2. Ход лучей в системе

После добавления насадки в исходную систему получились aberrации, представленные в табл. 10–12.

Таблица 10. Aberrации точки на оси

m , отн.	$\Delta y'$, гр. мсек	W , дл. волн	η (%)	$S'_{F'} - S'_{C'}$, дптр
1,0	0,01	-0,25	0,22	0,03
0,707	-0,005	-0,18	0,13	0,3
0	0	0	0	0

Таблица 11. Aberrации главного луча

ω	y' , гр. мсек	Δ , %	z'_s , дптр	z'_m , дптр	$z'_s - z'_m$, дптр	$\omega'_{F'} - \omega'_{C'}$, гр. мсек
1°30'	-18,32	6,0	3,05	2,23	0,82	-0,07
1°03'	-12,56	3,0	1,55	1,31	0,24	-0,05
0	0	0	0	0	0	0

Таблица 12. Aberrации широкого наклонного пучка лучей в меридиональном сечении

m отн.	$\omega=1^\circ 30'$	$\omega=1^\circ 03'$
	$\Delta\omega'$, гр. мсек	$\Delta\omega'$, гр. мсек
1,0	-0,06	-0,06
0,707	-0,09	-0,07
0	-0,0002	0,00007
-0,707	0,05	0,02
1,0	0,05	0,01

Из приведенных выше aberrаций следует, что наилучшим является вариант с использованием в качестве насадки телескопической системы Галилея.

Был проведен анализ существующих схем лазерных дальномеров и насадок для объективов и телескопических систем. На основе проведенных исследований была изучена конструкция конкретного прибора и выбрана схема линзовой насадки к нему [5].

Литература

1. Петров В.В. Оптика фотографического объектива. – М.: Кинофотоиздат, 1935. – 164 с.
2. Волосов Д.С. Фотографическая оптика (Теория, основы проектирования, оптические характеристики): учеб. пособие для киновузов. – 2-е изд. – М.: Искусство, 1978. – 153 с.
3. Заказнов Н.П., Кирюшин С.И., Кузичев В.И. Теория оптических систем [Текст] : учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2008. – 448 с.
4. Грамматин А.П., Романова Г.Э., Балащенко О.Н. Расчет и автоматизация проектирования оптических систем: учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 128 с.
5. Федоров Б.Ф. Лазеры. Устройство и применение. – М.: ДОСААФ, 1988. – 190 с.

УДК 621.315.592

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ИТЕРАТИВНЫМ МЕТОДОМ

Ле Ван Туан¹Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Бобцов¹¹Университет ИТМО

Работа посвящена итеративному методу определения параметров солнечного элемента. Проведено компьютерное моделирование солнечных элементов разных типов. По сравнению с другими методами, полученные результаты отличаются высокой точностью показателей. В работе также показана зависимость характеристики солнечного элемента от температуры и облученности.

Ключевые слова: солнечный элемент, солнечная энергия, фотоэлектрические модели, итеративный метод.

Использование Солнца в качестве альтернативного источника энергии – актуальное направление исследований в области современной теории и практики автоматического управления. Одной из основных задач является моделирование и определение параметров эквивалентной схемы солнечного элемента (СЭ), которое играет важную роль при контроле качества в процессе производства и наблюдения характеристик работы устройств, а также позволяет улучшить качество работы солнечных батарей [1]. В настоящее время существует три основных метода определения параметров солнечных элементов: аналитический метод, итеративный метод и метод эволюционных вычислений [2]. В данной работе исследовался итеративный метод. **Целью работы** являлось определение неизвестных параметров солнечного элемента с использованием итеративного метода Ньютона–Рафсона.

Техническое описание фотоэлектрических модулей и элементов обычно дает самую важную информацию при стандартном тестировании. Эта информация получена в режимах холостого хода, короткого замыкания и максимальной выходной мощности. Напряжение холостого тока представляет собой точку верхнего предела напряжения, который важен для определения уровня напряжения общей энергосистемы. Ток короткого замыкания указывает на точку верхнего предела, который важен для описания уровня тока этой системы. Точка максимальной мощности показывает уровень мощности системы. Следовательно, имитационная модель должна точно представлять все три параметра.

Фотоэлектрические модели, описанные в литературе, могут быть разделены на два основных вида: модель двойного диода (МДД) и модель одного диода (МОД). Модель двойного диода показывает более высокую точность, чем модель одного диода. Однако МДД не используется широко в связи со сложной параметризацией и высокой вычислительной нагрузкой. Таким образом, МОД обычно применяется для отображения фотоэлектрического выхода, идентификация параметров которого была широко исследована.

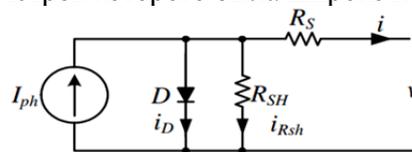


Рис. 1. Эквивалентная схема модели одного диода СЭ

Эквивалентная схема модели одного диода солнечных элементов показана на рис. 1 [3]. Вольт-амперная характеристика МОД определяется следующим выражением:

$$i = I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(q \frac{v + iR_s}{kAT_c} \right) - 1 \right) - \frac{v + iR_s}{R_{sh}}, \quad (1)$$

где I_{ph} – фотоэлектрический ток; I_0 – ток насыщения; R_s – последовательное сопротивление; R_{sh} – шунтирующее (параллельное) сопротивление; A – коэффициент идеальности; q –

модуль заряда электрона; k – постоянная Больцмана и T_c – температура солнечного элемента.

Для модели одного диода 5 не известных параметров, которые необходимо определить, это – I_{ph} , I_0 , A , R_s и R_{sh} . В техническом описании даются такие значения: ток короткого замыкания (I_{sc} , 0), напряжение холостого хода (0, V_{oc}) и максимум мощности (I_m , V_m). Подставив эти значения в уравнение (1), получаем следующие выражения:

$$I_{sc} = I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(q \frac{I_{sc} R_s}{kAT_c} \right) - 1 \right) - \frac{I_{sc} R_s}{R_{sh}}, \quad (2)$$

$$0 = I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(q \frac{V_{oc}}{kAT_c} \right) - 1 \right) - \frac{V_{oc}}{R_{sh}}, \quad (3)$$

$$I_m = I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(q \frac{V_m + I_m R_s}{kAT_c} \right) - 1 \right) - \frac{V_m + I_m R_s}{R_{sh}}. \quad (4)$$

Кроме того, точка (P_m , V_m) является экстремумом P – V характеристики, следовательно:

$$\left. \frac{dp}{dv} \right|_{\substack{v=V_m \\ i=I_m}} = 0.$$

Дифференцируемое уравнение мощности в точке максимальной мощности может быть выражено как:

$$\left. \frac{dp}{dv} \right|_{\substack{v=V_m \\ i=I_m}} = \left. \frac{d(iv)}{dv} \right|_{\substack{v=V_m \\ i=I_m}} = I_m + \left. \frac{di}{dv} \right|_{\substack{v=V_m \\ i=I_m}} V_m. \quad (5)$$

Можно вывести уравнение (1):

$$di = df(i, v) = \frac{\partial f}{\partial i} di + \frac{\partial f}{\partial v} dv,$$

$$\text{или } g(I_m, V_m) = \left. \frac{di}{dv} \right|_{\substack{v=V_m \\ i=I_m}} = \frac{\left. \frac{\partial f}{\partial v} \right|_{\substack{v=V_m \\ i=I_m}}}{1 - \left. \frac{\partial f}{\partial i} \right|_{\substack{v=V_m \\ i=I_m}}}.$$

Исходя из выражения (5), можно получить следующее уравнение:

$$\left. \frac{dp}{dv} \right|_{\substack{v=V_m \\ i=I_m}} = I_m + g(I_m, V_m) V_m. \quad (6)$$

Если параметр A фиксируется в интервале [1; 1,5], то количество неизвестных параметров уменьшается на 4. С помощью четырех известных уравнений (2)–(4) и (6) можно найти значения четыре неизвестных I_{ph} , I_0 , R_s и R_{sh} .

В данной работе для решения системы 4-х уравнений применяется метод Ньютона–Рафсона.

$$F(x_k) = \begin{bmatrix} I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(q \frac{I_{sc} R_s}{kAT_c} \right) - 1 \right) - \frac{I_{sc} R_s}{R_{sh}} - I_{sc} \\ I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(q \frac{V_{oc}}{kAT_c} \right) - 1 \right) - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \\ I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(q \frac{V_m + I_m R_s}{kAT_c} \right) - 1 \right) - \frac{V_m + I_m R_s}{R_{sh}} - I_m \\ I_m + g(I_m, V_m) V_m \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$J_F(x_k) = \left[\frac{\partial F_i}{\partial I_{ph}} \quad \frac{\partial F_i}{\partial I_0} \quad \frac{\partial F_i}{\partial R_s} \quad \frac{\partial F_i}{\partial R_{sh}} \right], i=\overline{1,4}, \quad (8)$$

где $x_k = [I_{ph} \ I_0 \ R_s \ R_{sh}]^T$.

Чтобы метод Ньютона–Рафсона сходиллся при любом выборе начального значения, используются следующие формулы для шага перемещения Δx_k [4]:

$$\begin{aligned} \Delta x_{k+1} &= -J_F(x_k)^{-1} F(x_k) \\ \xi_{k+1} &= \min\left(\frac{d_{\max}}{\|\Delta x_{k+1}\|}, 1\right) \\ x_{k+1} &= x_k + \xi_{k+1} \Delta x_{k+1}, \end{aligned} \quad (9)$$

где ξ_{k+1} – коэффициент шага перемещения; d_{\max} – максимум отклонения временной точки x_k . В эксперименте выбирается значение d_{\max} в интервале $[0,01; 1]$.

Следовательно, алгоритм определения параметров МОД солнечного элемента представляется следующим образом:

1. старт: выбирается начальное значение вектора x_0 ;
2. итератив: $k=0,1,2,3,\dots$:
 - вычисляется $F(x_k)$ как (7);
 - вычисляется $J(x_k)$ как (8);
 - вычисляется временная точка x_{k+1} как (9);
3. стоп: $\|F(x_k)\| < \text{точность вычисления } \varepsilon$.

Первый эксперимент был исследован на солнечном элементе Motech IM156B3-164 ($V_{oc}=0,614$ В; $I_{sc}=8,38$ А, $V_m=0,509$ В; $I_m=7,85$ А). Было выбрано начальное значение: $A=1,3$; $I_{ph}=8,38$ А; $I_0=9,3 \cdot 10^{-8}$ В; $R_s=1,58 \cdot 10^{-3}$ Ом и $R_{sh}=1$ Ом. Получен следующий результат: $I_{ph}=8,38$ А; $I_0=8,6363 \cdot 10^{-8}$ В; $R_s=1,6189 \cdot 10^{-3}$ Ом и $R_{sh}=249,2855$ Ом.

Также были проведены эксперименты на солнечных элементах JA Solar JACP6RF-3 ($V_{oc}=0,644$ В; $I_{sc}=9,272$ А; $V_m=0,545$ В; $I_m=8,661$ А), Sunpower Corporation A-300 ($V_{oc}=0,670$ В; $I_{sc}=5,9$ А; $V_m=0,56$ В; $I_m=5,54$ А).

Сравнение результатов, полученных нашим методом и другими методами, представлено в таблице.

Таблица. Сравнение методов определения параметров солнечных элементов

Элемент	Метод	I_{ph} , А	I_0 , В	A	R_s , Ом	R_{sh} , Ом
IM156B3	Наш метод	8,380056	$8,6187 \cdot 10^{-8}$	1,3	$1,6197 \cdot 10^{-3}$	242,8156
	[5]	8,380061	$8,6213 \cdot 10^{-8}$	1,3	$1,6180 \cdot 10^{-3}$	235,6479
	[6]	8,380100	$8,6185 \cdot 10^{-8}$	1,3	$1,6000 \cdot 10^{-3}$	223,9547
JACP6RF	Наш метод	9,272604	$3,8432 \cdot 10^{-8}$	1,3	$4,3382 \cdot 10^{-4}$	6,6587
	[5]	9,272546	$3,8835 \cdot 10^{-8}$	1,3	$3,9000 \cdot 10^{-4}$	6,6184
	[6]	9,272600	$3,8432 \cdot 10^{-8}$	1,3	$4,3382 \cdot 10^{-4}$	6,6587
A-300	Наш метод	5,900619	$1,1291 \cdot 10^{-8}$	1,3	$2,6468 \cdot 10^{-3}$	25,1980
	[5]	5,900624	$1,1341 \cdot 10^{-8}$	1,3	$2,6130 \cdot 10^{-3}$	24,7463
	[6]	5,900600	$1,1291 \cdot 10^{-8}$	1,3	$2,6000 \cdot 10^{-3}$	25,0057

Подставив значения (I_{ph} , I_0 , A , R_s и R_{sh}), полученные нашим методом, в уравнение (1), получим вольт-амперную характеристику ($I-V$) и ватт-вольтовую характеристику ($P-V$), как показано на рис. 2. На рис. 2, б, отчетливо видно, что точка максимальной мощности модели совпадает с точкой максимальной мощности в техническом описании, следовательно, полученные результаты имеют высокоточные показатели.

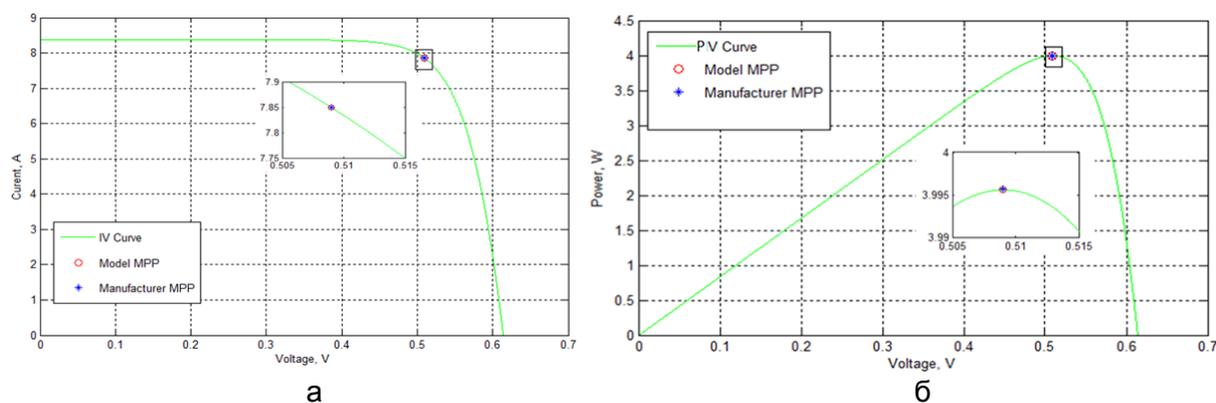


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика (а) и ватт-вольтовая характеристика (б) модели одного диода солнечного элемента Motech IM156B3-164 при стандартном условии тестирования

Графики изменения $I-V$ кривой при изменении температуры и облученности показаны на рис. 3.

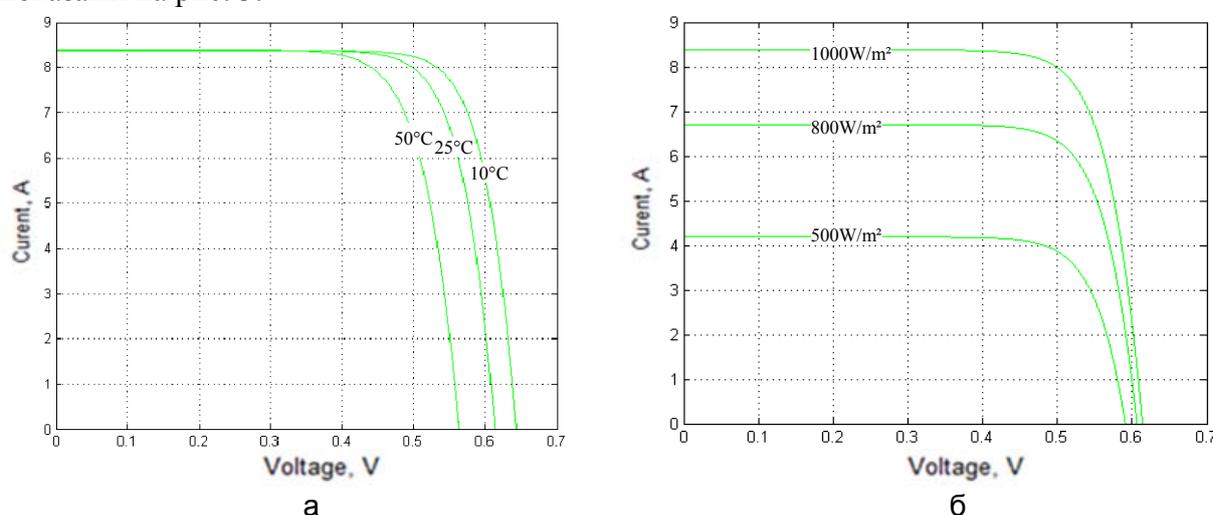


Рис. 3. Кривая $I-V$ солнечного элемента Motech IM156B3-164 при разных температурах и облученности 1000W/m^2 (а) и при разных значениях облученности и температуре 25°C (б)

Для разных типов солнечных элементов (например, Motech IM156B3-164, JA Solar JACP6RF-3, Sunpower Corporation A-300 и др.) было осуществлено компьютерное моделирование, иллюстрирующее высокоточные показатели. Был разработан метод определения параметров солнечного элемента, обладающий высокой надежностью.

Литература

1. Nehaoua N., Chergui Y., Mekk D.E. A New Model for Extracting the Physical Parameters from I-V Curves of Organic and Inorganic Solar Cells // Solar Cells – Silicon Wafer-Based Technologies. – 2011. – P. 53–66.
2. Tamrakar R., Gupta A. A Review: extraction of solar cell modelling parameters // International journal of innovative research in electrical, electronics, instrumentation and control engineering. – 2015. – V. 3. – № 1. – P. 55–60.
3. Sera D., Teodorescu R., Rodriguez P. PV panel model based on datasheet values // IEEE ISIE. – 2007 – P. 2392–2396.
4. Huang P.-H., Xiao W., Peng J.C.-H., Kirtley J.L. Comprehensive Parameterization of Solar Cell: Improved Accuracy with Simulation Efficiency // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2015. – V. 63. – № 3. – P. 1549–1560.

5. Villalva M.G., Gazoli J.R., Filho E.R. Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays // IEEE Trans. Power Electron. – 2009. – V. 24. – № 5. – P. 1198–1208.
6. Cubas J., Pindado S., Farrahi A. New method for analytical photovoltaic parameter extraction // Renewable Energy Research and Applications (ICRERA). – 2013. – P. 873–877.

УДК 535:631.373.826

ДИСПЕРСИЯ ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ СИГНАЛА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ НАКЛОННОЙ ДАЛЬНОСТИ

Ле Дин Ву¹

Научный руководитель – д.т.н., профессор Е.Г. Лебедько¹

¹Университет ИТМО

При оценке неэнергетического параметра, которым является время запаздывания сигнала, отклонение оценки от истинного параметра можно искать приближенным методом. Рассмотрено влияние инерционности входной цепи на дисперсию оценок времени его запаздывания при измерении наклонной дальности. Была разработана компьютерная программа моделирования для оценки зависимости этих параметров от угла визирования. Анализ дает результаты оценки этих параметров, дающих наилучшие приближения к действительному их значению.

Ключевые словари: дисперсия оценки времени запаздывания, наклонной дальности, нестационарное облучение, зондирующий сигнал, инерционность входной цепи, время запаздывания, энергетические потери.

При измерении наклонной дальности, как показало компьютерное моделирование, подстилающая поверхность совместно с целью может представлять собой поверхность со многими энергетическими центрами [1]. При этом помеховые отраженные импульсы могут существенно превысить сигналы (рис. 1).

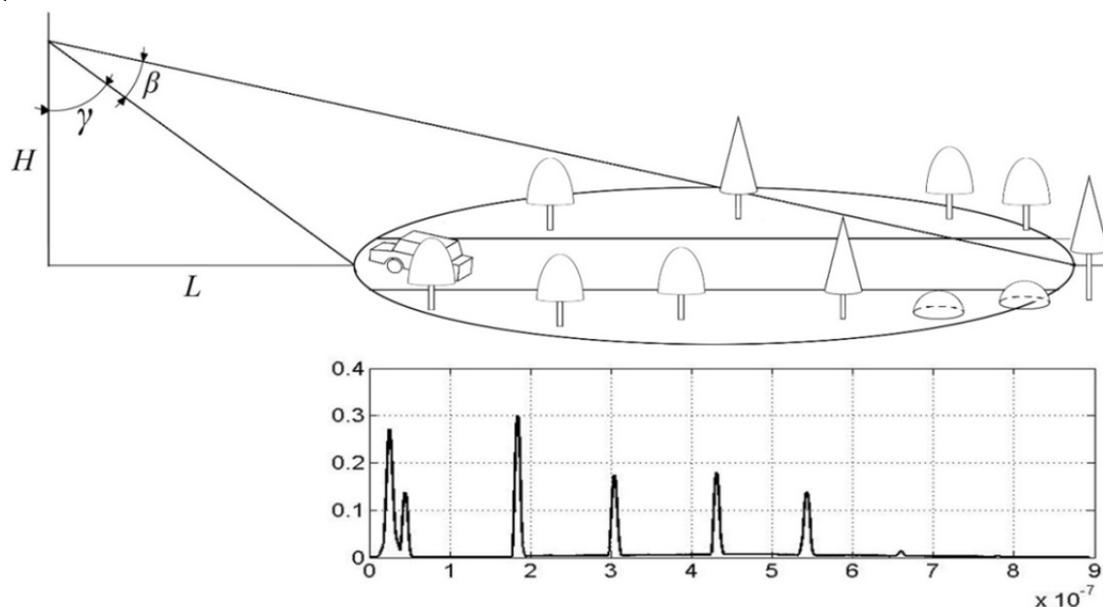


Рис. 1. Отражающая поверхность и отражательный сигнал

В этих условиях осуществить амплитудную селекцию не представляется возможным. Один из возможных методов измерения наклонной дальности до цели в этом случае может быть осуществлен путем совмещения линии визирования вблизи нижнего края диаграммы направленности измерения. В этом случае первый принимаемый сигналы выброс можно считать несущим информационной параметр (время запаздывания) о дальности. В такой ситуации могут быть существенные энергетические

потери P при изменении угла визирования от 5 до 85°, которые, например, для приведенной на рис. 2 ситуации, при заданной дистанции не превышают 75%.

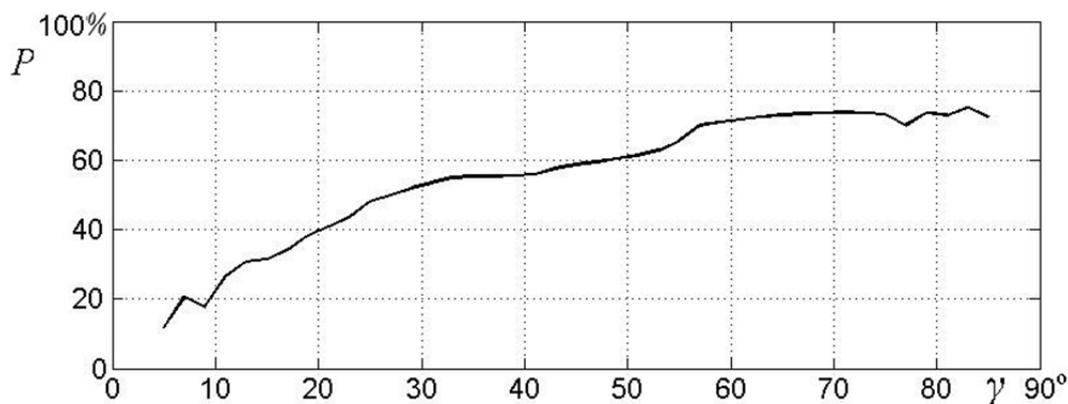


Рис. 2. График зависимости энергетических потерь от угла визирования цели

При оценке точности можно воспользоваться формулой [2]

$$\sigma_{\tau} = \frac{1}{\omega_1 \mu}, \quad (1)$$

где $\omega_1 = \left[\frac{\int_0^{\infty} \omega^2 |K(j\omega)|^2 d\omega}{\int_0^{\infty} |K(j\omega)|^2 d\omega} \right]^{\frac{1}{2}}$ – средняя квадратическая частота спектра шума; $K(j\omega)$ –

передаточная функция приемно-усилительного тракта согласования с сигналами

выбросов; $\mu = \frac{\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S_2(j\omega) K(j\omega) e^{j\omega t_0} d\omega}{\left[\frac{G}{2\pi} \int_0^{\infty} |K(j\omega)|^2 d\omega \right]^{\frac{1}{2}}}$ – отношение сигнал/шум; $S_2(j\omega)$ – спектральная

функция отраженного от цели и поверхности сигнала.

Учитывая, что часть энергии принимаемого сигнала не участвует в формировании сигнального выброса от цели, можно считать, что величина отношения сигнала/шум μ с ростом угла визирования будет уменьшаться в соответствии с энергетическими потерями, представленными на графике рис. 2.

Следовательно, согласно соотношению (1), квадратичная погрешность будет изменяться обратно-пропорционально энергетическим потерям, т.е. с ростом угла визирования она будет возрастать.

Заключение. Проведенный анализ показал, что при измерении наклонной дальности наряду с существенными энергетическими потерями возрастает средняя квадратичная погрешность обратно пропорционально энергетическим потерям.

Литература

1. Ле Д., Нгуен Д.Т. Анализ отраженных сигналов при измерении наклонной дальности // Сб. трудов IV Всероссийского конгресса молодых ученых. – 2015. – С. 236–240.
2. Лебедев Е.Г. Системы импульсной оптической локаций: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2014. – 368 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Абдуллаева М.С. Разработка состава мороженого на молочно-растительной основе	3
Акимов С.В. (Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. профессора М.А. Бонч-Бруевича), Афанасьев М.Я. (Университет ИТМО), Федосов Ю.В. (Университет ИТМО). Оптимизация траектории движения при обработке излучением.....	7
Акопян М.Г., Петров А.И. Обзор методов компьютерного и математического моделирования геометрической формы зубьев зубчатых колес	11
Акулаева Е.А. Методика использования виртуальной реконструкции при обучении студентов Академии художеств	17
Alexeeva M.S. Development of wheat kvass technology	20
Аскарлова Э.Ф. (Университет ИТМО), Москалев А.А. (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»), Михеев Е.А. (ПАО «МегаФон»). Разработка программного обеспечения для оптимизации измерений резьбовых калибров	23
Афанасьев М.Я., Трифанов А.И., Федосов Ю.В. Разработка модели модифицированной платформы Стюарта для исполнительного механизма станка	27
Афанасьев М.Я., Романова Г.Э., Федосов Ю.В. Способы стабилизации светового пятна в станках с ЧПУ	29
Афанасьев М.Я., Федосов Ю.В. Некоторые особенности конструирования интеллектуального оборудования	31
Байрамкулов А.Б. Статистическая обработка данных наблюдений Солнца на РАТАН-600	34
Бедная А.И. (Университет ИТМО), Жарова Ю.А. (Университет ИТМО, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН), Толмачев В.А. (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН), Гущина Е.В. (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН). Исследование микро- и наноструктурирования кремния с помощью каталитического (металл-стимулированного) травления	37
Безбах Ю.И. Оценка результатов компьютерного моделирования освещения при светотехническом проектировании.....	41
Беленко М.В. Сравнительный анализ систем распознавания речи с открытым кодом	45
Бияхмет Т.С. Алгоритм корректировки эффективности обнаружителя объектов.....	50
Буй М.Т., Баранов И.В. Электрокалорический микроохладитель без тепловых ключей для термоупругих фотоприемников.....	54
Булусева А.В. (ООО «ЦРТ-инновации»), Черных И.А. (ООО «ЦРТ-инновации», Университет ИТМО), Кабаров В.И. (Университет ИТМО). Разработка метода автоматической расстановки знаков препинания для использования в задачах интеллектуального анализа речи.....	57
Булькина А.Б. Анализ существующих аппаратно-технических решений для поляризационных исследований кожного покрова	63
Бутова Д.В., Толстоба Н.Д. Разработка мобильного микроскопа в рамках проекта студенческой научной лаборатории оптотехники	66
Бутова Д.В. (Университет ИТМО), Флейшер А.Г. (АО «ГОИ им. С.И. Вавилова»), Толстоба Н.Д. (Университет ИТМО). Проектирование конструкции облегчения зеркала космического телескопа с заданными параметрами	69
Быков В.С. Применение систем распознавания речи.....	73
Быкова Е.В. Тенденции и проблемы инновационной деятельности в Российской Федерации	78
Вареникова А.П. Прогнозирование финансовых показателей проектной деятельности.....	83

Вареникова А.П. Разработка и анализ подсистемы «Бюджет подразделения»	89
Верхоляк О.В., Мун С. Идентификация диктора с помощью неотрицательной матричной факторизации	92
Волковая В.Н., Шуранов Е.В. Улучшение разборчивости речевого сигнала на записях с удаленного от диктора микрофона	96
Волкович А.Н. (Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси). Комбинированный метод вычисления значений диспаратности на стереоизображениях	99
Ворожцова Ю.С., Плотникова Л.В., Ралис Р.В., Успенская М.В. Экспериментальное сравнение теплоемкости альбумина человека и лошади при помощи метода дифференциальной сканирующей калориметрии.....	104
Галюк В.Е. Разработка алгоритма деклиппирования – методы восстановления клиппированного сигнала	105
Гагауллин Р.И., Назыров М.В., Виксин И.И. Анализ защищенности алгоритмов, базирующихся на коэффициентах доверия и репутации	109
Гончаров Е.Д. Система ценностей субъективного идеализма.....	112
Гранкина О.О., Гранкина Т.О. (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана). Разработка подсистемы распознавания микродефектов на снимках покрытий, полученных методом ионно-плазменного напыления	115
Грибовский А.А. Разработка модулей для адаптивной платформы технологического оборудования	120
Гусаров В.Ф. Влияние характеристик матричных фотоприемников на точность оптико-электронной системы с оптической равносигнальной зоной	124
Дедушенко А.С. Разработка автоматизированной системы юстировки вторичного зеркала космического телескопа.....	128
Демин С.А., Шалобаев Е.В. Способ определения дефектов в поверхностном слое и в объеме материала	132
Демина А.С., Шалобаев Е.В. Аспекты надежности мехатронной системы защиты быстровращающегося оборудования	134
Дикий Д.И., Елисеева В.В., Нечаева Н.В. Исследование и разработка программно-аппаратного комплекса идентификации пользователя по почерку	138
Дикий Д.И., Елисеева В.В., Нечаева Н.В. Обзор алгоритмов оценки динамических характеристик почерка.....	141
Дробышев В.А. Анализ производительности компьютерных сетей в виртуальной и физической инфраструктуре.....	145
Ежова В.В., Андреев Л.Н. Операционные медицинские очки.....	148
Елина Н.С. Влияние лидера на эффективность коллектива	151
Елистратов В.Д., Ильина А.Г. Робастное управление прецизионным электроприводом азимутальной оси телескопа траекторных измерений «Сажень» с ограничением нормы H_∞	155
Ерков К.А., Субботин Д.А. Усилительно-преобразующее устройство системы газового питания комплекса командных приборов	160
Жайбергенова Ж.А. Разработка дополнительных мер защиты при работе с криптовалютами.....	164
Жмудик Д.С., Тампер А.М., Халецкий Р.А. Исследование вольт-фарадных характеристик структур Si/SiO ₂ с имплантированным кремнием в окисле	168
Зайцева Н.М., Нурдинов Р.А. Анализ подходов к оценке эффективности защитных мер	170
Зиро А.А. Рассмотрение типов уязвимостей для построения алгоритма обнаружения проникновения в информационную систему.....	173

Злобина Д.С. Современные тенденции развития каналов сбыта	176
Зырянов Д.Н. (Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск). Обобщенная модель информационной инфраструктуры киберфизических систем.....	179
Иванинская И.И. Разработка методики обеспечения доступности абонентов сотовой связи на загородных участках местности	182
Иванова А.О. Теоретические основы экономических кризисов и особенности современного развития отечественной экономики.....	186
Иванько Д.В. Задача аудиовизуального распознавания слитной речи.....	191
Игнатъева Т.А. Роль и значение ипотечного кредитования в современных условиях.....	196
Иманбаев А.Ж. Исследование методов и систем защиты банковских автоматов	199
Исаева М.Ф., Глухарев М.Л. (Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I). Обеспечение целостности информации в гетерогенных распределенных источниках данных	203
Калёнова О.В., Муромцев Д.И. Применение метода представления мультимодальных данных о цвете и цветовых сочетаниях для задачи классификации.....	206
Калязина Д.М. Оценка потенциала применения типовых проектных решений для сокращения затрат проекта внедрения BPM.....	208
Камалова М.А. Разработка и исследование математической модели юстировки составных зеркал	212
Kislitsina E.A., Dranitsyna E.V. Effect of sensors error model components on sins output parameters accuracy.....	218
Климов А.А. Выбор разрядности цифрового преобразования при позиционировании в оптической равносигнальной зоне.....	223
Козлов А.С., Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Ткалич В.Л. Анализ отечественных разработок в области микрофонной элементной базы	227
Козлов А.С., Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Ткалич В.Л. Перспективы развития мембранной аппаратуры	231
Колесниченко Д.М. Учебный RISC-процессор	232
Конев А.С., Карманов А.Г., Елисеева В.В., Дикий Д.И., Нечаева Н.В. Оценка эффективности программно-аппаратного анализа использования данных дистанционного зондирования Земли	235
Кононова У.М. Наилучшие доступные технологии предупреждения образования газовых гидратов в системах добычи и транспорта газа и способы применения газовых гидратов, как источников сырья.....	238
Копылов Д.С., Лямин А.В. Проектирование модуля для реализации совместной проектной деятельности обучающихся на платформе Open edX	242
Корсикова А.С. Оценка эффективности использования источников финансирования инновационной деятельности.....	245
Кочегарова Т.С., Гуржеева Д.И. Best available technologies role in the effective functioning and sustainable development of industrial enterprises	250
Кошелев К.П., Герасимов Д.Н. Синтез оптимального управления фазовращателем инжекторного двигателя.....	254
Кузнецов Н.А., Леонов М.Б. Разработка механизма наведения автоматизированной системы видеонаблюдения	258
Кузнецова А.В. Теоретические и практические аспекты организации инновационной деятельности в Российской Федерации	262
Кузнецова Е.Д. Актуальные проблемы и перспективы развития логистической деятельности в России.....	267

Кузьмина К.А., Андреева А.В., Стафеев С.К. Моделирование виртуальной среды для разработки комплекса учебных лабораторий.....	272
Курносова В.В. Исследование параметров наилучших доступных технологий на предприятии пивоваренной отрасли	274
Кунашко А.В. (Санкт-Петербургский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации). Зависимость между потенциалом к саморазвитию и эффективностью компании	278
Кунашко А.В. (Санкт-Петербургский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации). Учет экологического фактора в обработке и оценке инвестиционных проектов.....	282
Курочкина П.В., Рыжова В.А. Формирование критериев эффективности систем видеонаблюдения в составе комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности объектов социальной инфраструктуры.....	285
Кутейникова К.А., Карпова Г.В. Расчет насадки для длиннофокусного объектива	287
Ле Ван Туан. Определение параметров солнечного элемента итеративным методом.....	292
Ле Дин Ву. Дисперсия оценки времени запаздывания сигнала при измерении наклонной дальности	296

**СБОРНИК ТРУДОВ V ВСЕРОССИЙСКОГО
КОНГРЕССА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
Том 1**

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Дизайн обложки

Н.А. Потехина

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Редактор

Л.Н. Точилина

Подписано к печати 06.10.2016

Заказ № 3690

Тираж 100 экз.