

Исследование и оптимизация автоматизированных технологических процессов в условиях гибких производственных линий

Сунь Хуэй

Научный руководитель – канд. техн. наук, Афанасьев Максим Яковлевич.¹

¹Университет ИТМО
348807058@qq.com

Работа выполнена в рамках темы «Исследование и оптимизация автоматизированных технологических процессов в условиях гибких производственных линий».

Введение

В условиях перехода машиностроения к многономенклатурному мелкосерийному производству гибкие производственные линии (ГПЛ) становятся ключевым фактором конкурентоспособности предприятий. Однако существующие автоматизированные технологические процессы на многих ГПЛ не обеспечивают требуемой эффективности из-за несогласованности операций, низкой загрузки оборудования и негибкой диспетчеризации. Цель данной работы – разработать и обосновать комплексную методику оптимизации автоматизированного технологического процесса ГПЛ на примере реального производства деталей автомобильных двигателей.

Основная часть

На первом этапе работы ставится задача провести анализ того, как именно функционирует гибкая производственная линия. В качестве конкретного примера рассматривается одно из предприятий, работающих в сфере машиностроения. Если обратиться к данным, которые уже опубликованы в научной литературе по данной тематике, а также опираться на некоторые предварительные наблюдения, сделанные на реальных производствах, то можно обозначить круг проблем, с которыми сталкиваются достаточно часто. Речь идет, в частности, о таком явлении, как простои между отдельными операциями. Кроме того, обращает на себя внимание тот факт, что имеющееся оборудование загружено далеко не на полную мощность. Еще один момент, который требует внимания, — это применяемые на сегодняшний день способы диспетчеризации: в большинстве случаев они остаются ручными и не автоматизированы. Также нельзя не отметить, что доля брака в подобных производствах зачастую оказывается довольно высокой. Разумеется, на текущий момент все перечисленные положения носят характер предположений. Однако в дальнейшем, по мере проведения более детального анализа, планируется получить количественные оценки, которые либо подтвердят, либо скорректируют сделанные выводы.

Чтобы в полной мере решить те проблемы, которые были обозначены выше, и добиться реального повышения эффективности работы гибкой производственной линии, необходимо выстроить соответствующую теоретическую базу. В качестве такой базы в данной работе предлагается использовать подход, который можно охарактеризовать как комплексный и многомерный. Это означает, что он не ограничивается каким-то одним методом или концепцией, а напротив, стремится объединить в себе идеи и инструменты, пришедшие из разных областей знания. В частности, речь идет о теории бережливого производства, которая давно зарекомендовала себя в практике оптимизации; о теории ограничений, позволяющей выявлять узкие места в производственной системе; а также о современных методах интеллектуальной оптимизации, дающих возможность находить эффективные решения в условиях высокой размерности и неопределенности. Логика применения такого подхода заключается в том, что реорганизация автоматизированного технологического процесса должна вестись не по одному, изолированному направлению, а сразу по нескольким ключевым векторам. Только в этом случае можно рассчитывать

на получение устойчивого и значимого результата. Далее эти направления будут рассмотрены более подробно и последовательно.

Если говорить о первом направлении предполагаемых преобразований, то оно непосредственно связано с изменением конфигурации действующего технологического маршрута. В рамках этого направления предстоит оценить, насколько целесообразным будет отказ от привычной толкающей логики организации производственного потока. В качестве альтернативы рассматривается переход к системе, построенной по тянущему принципу, где функции диспетчирования выполняются с помощью канбан-карт. Второе направление затрагивает вопросы, связанные с физическим расположением оборудования в цехе. Здесь планируется детально проработать вариант организации так называемых U-образных ячеек. Предполагается, что подобная компоновка позволит сократить маршруты перемещения заготовок и готовых деталей между операциями, а значит, должно уменьшиться и время, в течение которого они просто ожидают дальнейшей обработки. Третье направление нацелено на доработку контура автоматического управления производственными процессами. В качестве одного из возможных и достаточно перспективных решений предлагается обратиться к концепции цифровых двойников. Использование такой технологии открывает возможность в режиме реального времени отслеживать, в каком состоянии находится оборудование и как именно протекает технологический процесс, а кроме того, выполнять прогнозные оценки и сценарный анализ. Четвертое направление подразумевает создание и последующее внедрение системы, отвечающей за оперативно-календарное планирование. В основу этой системы планируется заложить один из известных методов интеллектуальной оптимизации, а именно модифицированную версию генетического алгоритма. При этом важно, чтобы алгоритм был адаптирован к условиям, когда номенклатура выпускаемых изделий меняется достаточно часто. Наконец, пятое направление ориентировано на повышение эффективности системы контроля качества. В данном случае речь идет о построении сквозной системы, которая охватывала бы все стадии производственного цикла — от поступления материалов до выхода готовой продукции. Кроме того, предполагается предусмотреть механизмы, позволяющие отслеживать историю изготовления каждой отдельной детали или целой партии.

Чтобы понять, действительно ли предложенные выше меры способны дать ожидаемый результат, на следующем этапе работы планируется обратиться к методу имитационного моделирования. Для этого будет построена модель, воспроизводящая основные характеристики и логику работы реальной производственной линии. В качестве инструмента для построения такой модели предполагается использовать среду FlexSim. Данный программный продукт позволяет с достаточной степенью точности воспроизвести не только последовательность операций, но и временные параметры, а также отследить, как именно будут меняться ключевые показатели в зависимости от тех или иных управляющих воздействий. В ходе таких экспериментов, которые будут проводиться на модели, предстоит выяснить, какое влияние каждый из рассматриваемых вариантов реорганизации оказывает на основные характеристики производственного процесса. Речь идет, в частности, о таких параметрах, как общая производительность линии, средний уровень загрузки оборудования, продолжительность полного цикла изготовления изделия, доля брака и, наконец, себестоимость единицы продукции. Предполагается, что результаты, полученные в ходе моделирования, смогут подтвердить, что разработанные решения действительно дают положительный эффект и позволяют достичь поставленных целей по улучшению. После того как этап моделирования будет завершен и необходимые расчетные данные будут получены и проанализированы, следующим шагом станет проведение апробации. На этом этапе предстоит отобрать наиболее перспективные, с точки зрения эффективности, варианты и опробовать их уже в условиях реально действующего производства. Это даст возможность не только подтвердить практическую значимость выполненных разработок, но и оценить,

насколько реалистичным и целесообразным будет их широкое внедрение на предприятиях данной отрасли в дальнейшем.

Выводы

В ходе выполнения данной работы был сформирован комплексный подход, нацеленный на решение задач, связанных с оптимизацией автоматизированного технологического процесса, реализуемого на гибкой производственной линии. Если говорить о том, какой эффект может дать применение данного подхода, то в первую очередь следует отметить возможность добиться заметного повышения общих показателей эффективности функционирования такой линии. Помимо этого, предполагается, что предложенные решения позволят обеспечить более высокую степень адаптивности линии к достаточно частым изменениям, касающимся номенклатуры выпускаемых изделий. Еще один важный момент связан с улучшением качественных характеристик производимой продукции.

Если обратиться к вопросу о практической значимости проведенной работы, то полученные в ходе исследования результаты, как представляется, могут найти применение на тех предприятиях, которые относятся к сфере дискретного машиностроения. При этом речь идет в первую очередь о производствах, ориентированных на выпуск продукции в условиях многономенклатурного и, что также важно, мелкосерийного характера. Именно для таких предприятий предложенные методы и решения могут оказаться наиболее востребованными, что, в свою очередь, подтверждает прикладную направленность выполненного исследования.

Что касается возможных направлений для дальнейшей работы в этой области, то здесь можно выделить, по крайней мере, два аспекта, заслуживающих внимания. С одной стороны, представляет интерес вопрос о том, в какой степени предложенные методы и подходы могут быть адаптированы для использования в других отраслях промышленности, не ограничиваясь только лишь машиностроением. С другой стороны, перспективным представляется также углубление интеграции разработанных решений с современными технологиями, относящимися к области искусственного интеллекта. Реализация этого направления позволила бы, по всей видимости, вывести процессы управления и оптимизации, рассматриваемые в данной работе, на качественно иной, более высокий уровень.

Литература

1. Ван Цзяньго, Ли Цзюань, Чжан Тао. Оптимизация гибких производственных линий в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства // Вестник машиностроения. 2023. Т. 59, № 12. С. 189–200.
2. Smith A., Jones B., Brown C. Digital Twin-based Modeling and Optimization of Automated Process Flow in Flexible Production Lines // Journal of Manufacturing Science and Engineering. 2020. Vol. 142, no. 8. P. 081006. <https://doi.org/10.1115/1.4047123>.
3. Ли Минлян. Современное состояние и тенденции развития автоматизированного управления гибкими производственными линиями // Автоматизация и измерения. 2022. Т. 43, № 8. С. 1–6.
4. Гольдратт Э. Цель: процесс непрерывного совершенствования. – М.: Попурри, 2019. 400 с.

СуньХуэй

Афанасьев.М.Я.