

ПРЕДПОСЫЛКИ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ «ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА» ВКО В КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ «ФАБРИК БУДУЩЕГО»

Цветков В.А. (Университет ИТМО), Жигновская Д.В. (Университет ИТМО)
Научный руководитель – д.т.н., профессор, Пронин В.А. (Университет ИТМО)

Аннотация

В работе поднимается вопрос о необходимости создания «цифрового двойника» винтового однороторного компрессора. Приведены предпосылки к переходу к элементам современного передового производства, выполнен обзор основных понятий концепции системы «Фабрик будущего».

Введение. Интенсивный переход от традиционного производства к передовому наблюдается в ряде стран, занимающих лидирующие позиции в мировой экономике. Глобализация, рост требований к качеству производимой продукции, конкуренция и другие сопутствующие факторы оказывают существенное влияние на адаптацию производственных предприятий к трендам Индустрии 4.0 (Industry 4.0). За прошедшее десятилетие страны-лидеры промышленного производства выработали собственные инициативы и программы, направленные на развитие Индустрии 4.0, часть из которых на сегодняшний день успешно реализована. Данная проблематика рассматривается и в Российской Федерации в качестве приоритетного направления развития промышленности. Так, ключевыми программами РФ в русле Индустрии 4.0 и аналогичных направлений, являются: Национальная технологическая инициатива (2014-2035гг.), Стратегия научно-технологического развития РФ (2016-2035гг.), Цифровая экономика РФ (2017-2024гг.). Таким образом, современные технологические тренды и повсеместная цифровизация ведут к созданию «Фабрик будущего», базовым элементом которых является «цифровой двойник» (Smart Digital Twin) проектируемого и производимого продукта. Авторы ставят проблему разработки модели «цифрового двойника» ВКО (винтового однороторного компрессора) в концепции «Фабрики будущего» на ее трех уровнях: Цифровая фабрика (Digital Factory), «Умная» фабрика (Smart Factory), Виртуальная фабрика (Virtual Factory). При этом, на первоначальном этапе исследования и планирования ВКО, цифровое моделирование в системе Цифровой фабрики определено в качестве основной задачи.

Основная часть. Современное компрессоростроение определяет технический уровень большинства народно-хозяйственных комплексов. Сложившаяся в мире экономическая, технологическая и информационная ситуация диктует новые подходы к проектированию и производству многих промышленных продуктов, в т.ч. компрессорных машин. Изложенные выше предпосылки неуклонно ведут к созданию «цифрового» двойника ВКО. Кратко обобщим появившиеся ранее термины, отметив, что к некоторым из них на данный момент не появилось единых определений.

Фабрика будущего – это определенный тип системы бизнес-процессов, способ комбинирования бизнес-процессов, который имеет следующие характеристики: создание цифровых платформ, своеобразных экосистем передовых цифровых технологий; разработка системы цифровых моделей как новых проектируемых изделий, так и производственных процессов; цифровизация всего жизненного цикла изделий (от концепт-идеи, проектирования, производства, эксплуатации, сервисного обслуживания и до утилизации).

Ассоциация «Технет» (Национальная технологическая инициатива) на своем официальном ресурсе <https://technet-nti.ru/> иллюстрирует три составных части (слои) Фабрики будущего:

1. Цифровые фабрики - системы комплексных технологических решений, обеспечивающие в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения от стадии исследования и планирования, когда закладываются базовые принципы изделия, и заканчивая созданием цифрового макета (Digital Mock-Up, DMU), «цифрового двойника» (Smart Digital Twin), опытного образца или мелкой серии («безбумажное

производство», «всё в цифре»). Цифровая фабрика подразумевает наличие «умных» моделей продуктов или изделий (машин, конструкций, агрегатов, приборов, установок и т. д.) на основе новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования Smart Digital Twin - [(Simulation & Optimization) Smart Big Data]-Driven Advanced (Design & Manufacturing).

2. «Умные» фабрики – системы комплексных технологических решений, обеспечивающие в кратчайшие сроки производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения от заготовки до готового изделия, отличительными чертами которого является высокий уровень автоматизации и роботизации, исключая человеческий фактор и связанные с этим ошибки, ведущие к потере качества («безлюдное производство»). В качестве входного продукта «Умных» фабрик, как правило, используются результаты работы Цифровых фабрик. «Умная» фабрика обычно подразумевает наличие оборудования для производства – станков с числовым программным управлением, промышленных роботов и т. д., а также автоматизированных систем управления технологическими процессами (Industrial Control System, ICS) и систем оперативного управления производственными процессами на уровне цеха (Manufacturing Execution System, MES).
3. Виртуальные фабрики – системы комплексных технологических решений, обеспечивающие в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения за счет объединения Цифровых и (или) «Умных» фабрик в распределенную сеть. Виртуальная фабрика подразумевает наличие информационных систем управления предприятием (Enterprise Application Systems, EAS), позволяющих разрабатывать и использовать в виде единого объекта виртуальную модель всех организационных, технологических, логистических и прочих процессов на уровне глобальных цепочек поставок (поставки => производство => дистрибуция и логистика => сбыт => послепродажное обслуживание) и (или) на уровне распределенных производственных активов.

На настоящем этапе исследований остановимся на уровне Цифровой фабрики. Данный слой «Фабрики будущего» нацелен на планирование изделия, проектирование изделия и планирование производства. *Цель:* возможность увидеть продукт еще до того, как он будет произведен. *Средства:* программное обеспечение для цифрового представления и проведения испытаний продукта и процессов до их производства и использования. *Технологии:* цифровое проектирование и моделирование (CAD, CAE, CAM, HPC и др.); новые материалы и конструкции, включая сертификацию; аддитивные и гибридные технологии; CNC-технологии; Smart Big Data (управление расчетными данными). *Эффекты:* сокращение числа ошибок при проектировании; сокращение переделок и производственных отходов; сокращение вывода продуктов на рынок. *Продукт:* цифровой макет (DMU); «цифровой двойник» (Smart Digital Twin); опытный образец и/или мелкая серийная партия.

После разработки 3D-модели изделия производится ее компьютерный инжиниринг - совокупность методов и средств для моделирования на основе соответствующего программного обеспечения. Такое программное обеспечение называется CAE-системами (Computer-Aided Engineering). Если компьютерное проектирование в CAD-системах позволяет только изобразить геометрию изделий и подготовить конструкторскую документацию для производства, то компьютерный инжиниринг позволяет провести моделирование поведения конструкций, машин, физико-механических и технологических процессов.

В настоящий момент авторами, совместно с сотрудниками АО НПО «Компрессор» разработан цифровой макет ВКО и ведется планирование работ по дальнейшему компьютерному инжинирингу. Комплексное моделирование будет производиться в модулях программного пакета ANSYS, а также в отечественной CAE-системе APM WinMachine.

Выводы. Ключевое отличие традиционного производства от передового заключается в смещении акцента на этап проектирования и создание таких высоко адекватных математических моделей («цифровых двойников»), которые позволяют перейти к серийному производству со значительно меньшим числом натурных испытаний (или вообще без них), чем при традиционном производстве. Учитывая вышесказанное, цифровое проектирование и моделирование являются ключевой технологией для быстрого создания глобально конкурентоспособной продукции нового поколения.