

© 2021

Василий Дадалко

доктор экономических наук, профессор, действительный член
(академик) Академии военных наук РФ (г. Москва, Россия)
(e-mail: antikrizis1@bk.ru)

Игорь Крылов

доктор технических наук, профессор, Акционерное общество «Электрозавод»
(г. Москва, Россия)
(e-mail: tt165@mail.ru)

Сергей Сидоренко

доктор экономических наук, профессор
Российская академия наук (г. Москва, Россия)
(e-mail: sera-1968@mail.ru)

Геннадий Чумак

кандидат технических наук, заместитель директора ООО «Исследовательский институт
развития и безопасности» (г. Минск, Республика Беларусь)
(e-mail: 7371562@list.ru)

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА НА ЭТАПЕ ПЕРЕХОДА К ИНДУСТРИИ 4.0

Авторы указывают на характерные тенденции развития общества, выявленные процессом глобализации: расслоение населения по доходам, формирование экономически развитых центров и экономической периферии, доминирование развитых стран над развивающимися. В статье рассмотрены преимущества и недостатки концепций технологического первенства, подчеркивается, что концепция догоняющего развития позволяет в процессе модернизации производства экономить ресурсы, но приводит к технологическому отставанию. Поэтому в рамках перехода к концепции опережающего развития на первый план выходит задача развития инфраструктуры, которая создаст возможности для внедрения более эффективных механизмов коммерциализации результатов научной и инновационной деятельности, финансирования проектов высокотехнологичных и конкурентоспособных производств.

Рассмотрены характерные этапы технологической модернизации и перехода к стандарту производства «Индустрия 4.0» и предложены несколько примеров внедрения продуктов, сопутствующих производству трансформаторов. Сделан вывод: в режиме догоняющего развития необходимо концентрировать ресурсы для модернизации и совершенствования производства; в режиме опережающего развития, помимо финансирования научных разработок, необходимо направить усилия на создание условий для привлечения инноваций, а также для создания режима наибольшего благоприятствования их внедрению.

Ключевые слова: концепция догоняющего развития, АСУ ТП, жизненный цикл изделия, Индустрия 4.0, иммерсивность, финансирование инновационных проектов.

Уровень развития цивилизации неразрывно связан с технологическим и социальными прогрессами, которые отражаются в виде изменений в экономике и устройстве общества. Взаимодействуя с природой, человечество потребляет природные ресурсы с помощью технологий. В производственный процесс технологии превращает социальная инфраструктура – то есть совокупность предприятий, объектов социально-культурного назначения, жилищно-коммунального хозяйства, сферы услуг, образования, здравоохранения и пр. Другими словами, все то, что принято называть экономическим базисом общества.

Взаимодействие членов общества между собой обеспечивает развитая система общественных институтов. Понятие социального института, вероятно, принадлежит К. Марксу. Обращаясь к известному русскому литератору Павлу Анненкову, в своем письме от 28 декабря 1846 года К. Маркс писал: «общественные институты являются продуктами исторического развития» [1]. Семья, государство, право, образование, церковь, средства массовой информации и многое другое – все это социальные институты. Отдавая должное основоположникам марксистской теории, скажем, что социальные институты образуют (социальную) надстройку экономического базиса.

Наибольшей степени развития общество достигает, когда сумма известных технологий в оптимальной степени соответствует и социальная инфраструктура, и социальные институты общества. Если доступным технологиям не соответствует инфраструктура – общество не в состоянии реализовать производственный процесс на должном технологическом уровне. Хотя уровень генерации электроэнергии не позволяет в настоящее время полностью отказаться от использования двигателя внутреннего сгорания, мы понимаем, что электромобиль – более совершенное, по крайней мере с точки зрения экологии, средство передвижения.

Однако мир развивается неравномерно. Процесс глобализации выявил характерные тенденции развития общества: расслоение населения по доходам, формирование экономически развитых центров и экономической периферии, доминирование развитых стран над развивающимися, уменьшение значимости международных институтов и, как следствие, эскалация международной напряженности, вплоть до экспорта управляемых и гибридных войн. Абсолютное большинство стран придерживаются так называемой догоняющей концепции или стратегии развития. Концепция **догоняющего развития** подразумевает копирование научно-технических достижений и социальных институтов, созданных в странах-лидерах, которые демонстрируют достаточно высокий уровень жизни и экономического развития.

Эта концепция может быть реализована одним из двух способов.

Концепция *первого типа* догоняющего развития подразумевает, что догоняющая сторона занимает вспомогательную позицию по отношению к стране-лидеру или странам-лидерам, совершенствует отдельные научно-технические решения,

заимствованные у стран-лидеров, находит свою нишу в общественном производстве и, в конце концов, занимает вполне достойное положение в системе международного разделения труда. Государство определяет стратегию и основные направления развития экономики, приоритеты финансирования и другие меры государственной поддержки. Страны, придерживающиеся такой стратегии, в целом сохраняют плановую экономику и контроль над своим внутренним рынком.

В качестве вполне успешного примера реализации такой стратегии развития, из бывших советских республик можно привести Беларусь. Не обладая существенными запасами полезных ископаемых, страна сохранила полный цикл машиностроения, современную систему образования, академическую и отраслевую науку, эффективные системы здравоохранения и социальной защиты.

Концепция догоняющего развития, реализуемая по *второму типу*, подразумевает полную подчиненность аутсайдера целям стран-лидеров. Развитие страны осуществляется за счет масштабного копирования технологий стран-суверенов.

Пример реализации такой стратегии (или полного отсутствия какой-либо осознанной стратегии развития) – Украина. Страна, занимающая шестое место в мире по наличию полезных ископаемых, которая менее 30 лет назад была одной из самых развитых в индустриальном отношении советских республик, сегодня официально считается самой бедной страной в Европе, в пересчете ВВП на душу населения [2]. Страна рассчитывает на получение денежных компенсаций за уменьшение транзита российского газа после введения в эксплуатацию трубопровода «Северный поток» и модернизацию социальной инфраструктуры за счет иностранных кредитов.

К преимуществам концепции догоняющего развития нужно отнести существенную экономию времени и ресурсов. Вместе с тем эта концепция заведомо обрекает страну на роль аутсайдера.

Экономическая теория относит к отдельной стратегии развития **концепцию первенства**. Это форма развития общества, при которой страна является лидером в области науки, технологий и общественного стандарта потребления [3]. Такое первенство формируется исторически и закрепляется созданием адекватных социальных институтов.

В качестве примера успешной реализации стратегии технологического первенства, можно привести разработанную и успешно реализованную в начале XXI века Программу Союзного государства по созданию суперкомпьютера «Скиф» [4]. Начиная с 1987 года в Объединенном институте проблем информатики НАН Беларуси (прежнее название – Институт технической кибернетики АН БССР) совместно с немецким университетом Манхайма (Universität Mannheim) проводятся научные исследования по разработке математического аппарата для параллельных многопроцессорных вычислительных систем [5].

Результатом совместной разработки стало создание нейрокомпьютера – устройства переработки информации на основе принципов работы человеческого мозга (естественных нейронных сетей) [6].

Важно понимать, что выбор ресурсов и участников программы Союзного государства по созданию суперкомпьютера «Скиф» не был случайным. Белорусская сторона не продавала за деньги научные достижения или права на интеллектуальную собственность, а внесла свой вклад в совместное развитие науки и инновационных технологий. Беларусь выступила в качестве интеллектуального донора и соинвестора. Синергетический эффект от объединения усилий стран проявился в виде стратегического партнерства в экономике и науке.

Россия вошла в число 5-ти передовых стран мира, которые обладают технологией создания нейрокомпьютеров. Благодаря внедрению суперкомпьютерной сети «Скиф», существенно расширились возможности расчета траекторий движения космических аппаратов, моделирование вхождения объектов в плотные слои атмосферы, моделирование плазменной оболочки, плазменных и радиационных потоков на теплозащитные покрытия космических аппаратов [7].

Верным было и решение правительства Беларуси сохранить в республике полный цикл машиностроения: автомобильный завод «БЕЛАЗ», в белорусском городе Жодино, который входит в тройку мировых лидеров по производству карьерных самосвалов. ОАО «БЕЛАЗ» занимает около 30% мирового рынка карьерных самосвалов особо большой грузоподъемности. Завод производит крупнейший в мире карьерный самосвал грузоподъемностью 450 тонн.

Вместе с тем в стране практически нет покупателей на такую технику. На внутреннем рынке продается менее 12% продукции завода. Более 88% выпускаемых самосвалов реализуется на экспорт в 20 стран мира, в том числе в Россию – 37,5%, в другие государства СНГ – 11,3% [8]. Основываясь на этом и других примерах, справедливо предположить, что концепция технологического первенства может быть реализована по меньшей мере в отдельных отраслях или на ограниченных территориях [9].

Отдельного рассмотрения заслуживает **концепция опережающего развития**. Под опережающим развитием будем понимать целенаправленную деятельность по формированию экономики более высокого уклада по сравнению с укладом, доминирующим в данный момент в социуме. (Понятие технологического уклада было введено в оборот российскими экономистами академиками Д. Львовым и С. Глазьевым) [10]. Таким образом, применительно к достигнутому уровню технологии, речь идет о формировании экономики, в которой преобладает инновационный сектор с высокопроизводительной промышленностью, индустрией знаний, с высокой долей в ВВП высококачественных и инновационных услуг, с конкуренцией во всех видах экономической и иной деятельности, а также с более высокой долей населения, занятого в сфере услуг, нежели в промышленном производстве. Достаточным условием

перехода к экономике опережающего развития нужно считать наличие социальной инфраструктуры и общественных институтов, соответствующих уровню развития современных технологий [11].

Выдвижение на передний план третичного (информационного) сектора экономики, вместо доминировавшего ранее вторичного, т.е. индустриального сектора, изменило структуру потребления. Более востребованным стал продукт, который содержит информационную составляющую. Именно в информационном секторе стала сосредотачиваться основная доля прибыли.

В период доминирования индустриального производства первичный сектор экономики (соприродное хозяйство, т.е. добывающая промышленность, сельское хозяйство, рыбоводство и лесная промышленность) стал низкорентабельным или дотационным. Подобным же образом и при переходе к экономике с преобладанием информационной составляющей, низкорентабельным или убыточным становится производство, если оно не опирается на инновационные технологии с высокой степенью преобладания автоматизации производственных процессов. Тем не менее так же, как переход к индустриальному производству не отменил «соприродное» хозяйство, переход к информационной экономике не отменяет реальный сектор экономики, но актуализирует необходимость реорганизации промышленных предприятий с учетом новейших технологических изменений.

Начиная с середины XX века академия наук Белоруссии и Ленинградское отделение академии наук СССР вели широкомасштабные исследования проблем внедрения гибких производственных систем. В результате системных исследований были разработаны основные принципы перехода к организации технологических процессов в соответствии с принципами гибкого автоматизированного производства. Открылся новый уровень возможностей повышения эффективности промышленного потенциала страны. Было научно обосновано, что гибкость автоматизированного производства обеспечивают:

- методы управления, позволяющие организовать оперативную автоматическую или автоматизированную перестройку производства;

- использование в производстве оборудования с уровня станков с числовым программным управлением (ЧПУ), до уровня **Прямого числового управления** (DNC – Direct numerical control), также известного как распределенное числовое управление – это общий термин для сетевых CNC (Computer numerical control) станков DNC;

- повышение надежности функционирования оборудования.

Главными компонентами ГПС (гибкая производственная система) были определены: гибкий производственный модуль; автоматизированная транспортно-складская система (АТСС); автоматизированная система управления.

Сейчас рассматривают три гибкие производственные структуры: гибкий автоматизированный завод; гибкий автоматизированный цех; гибкий производственный участок [12].

Гибкой производственной системой назвали управляемую средствами вычислительной техники совокупность технологического оборудования, состоящего из разных сочетаний ГПМ и/или гибких производственных ячеек (ГПЯ), автоматизированной системы технологической подготовки производства и системы обеспечения функционирования, которые автоматически перенастраиваются при изменении программы производства изделий, разновидности которых ограничены технологическими возможностями оборудования.

Одним из первых примеров внедрения научных разработок подобного рода на производстве стала смонтированная в ноябре 1966 г. на Минском тракторном заводе первая в СССР автоматическая система управления производством (АСУ). Это еще не гибкое автоматизированное производство, но уже одна из его составляющих. В апреле 1968 г. в Минске прошла первая Всесоюзная научно-практическая конференция «Автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении».

Внедрение инноваций и автоматизация производственных процессов стали предпосылкой к новому этапу мирового развития. Искусственный интеллект, полная роботизация производства и биотехнологии в скором времени изменят структуру рынка человеческого труда. Во многих странах появились проекты по развитию промышленности. В Германии была сформулирована национальная стратегия «High Tech Strategy 2020 Action Plan». Немецкие предприятия планируют достичь полной «интернетизации» промышленности к 2030 г. [13].

В Германии эта стратегия развития получила название **Индустрия 4.0**. Ведущая позиция Германии в области обрабатывающей промышленности, производства оборудования и машиностроения позволила ей стать центром развития «Индустрии 4.0» [14].

Существует американская концепция очередной промышленной революции, где во главу угла ставится «Интернет вещей». Этот проект предусматривает цифровизацию в широком понимании, т.е. технологическую модернизацию с целью дистанционного управления любыми устройствами, включая бытовую технику.

Необходимо также упомянуть, что переход к экономике информационного типа (сюда относятся информационные технологии, образование, научные исследования и разработки) означает, что и основная часть прибыли будет зарабатывать в этих секторах. Ожидается, что реализация возможностей анализа «больших данных», «интернета вещей» и технологии «блокчейн» приведет к принципиальным инновациям в организационной сфере. Руководитель Acer Group Стэн Ши представил в виде кривой зависимость между местом сегмента в цепочке создания стоимости и уровнем его доходности.

Поскольку эта зависимость имеет вид U-образной кривой, в литературе она фигурирует как «улыбающаяся кривая» («smiling curve») [15]. Данная кривая отражает концентрацию добавленной стоимости на начальных

(исследования и разработки, дизайн продукта) и конечных (продажи, послепродажное обслуживание) сегментах ЦСС [15].

«Улыбающаяся кривая (smile curve)»



Наиболее прибыльная область сосредоточена на обоих концах **цепочки создания стоимости** – НИОКР и маркетинг. Без НИОКР и маркетинговых возможностей продукт будет рассматриваться только как мусор в период утилизации.

Рис. 1. Кривая зависимости места сегмента в цепочке создания стоимости и уровнем его доходности

Параллельно технологическим изменениям изменяются как покупательские запросы, так и традиционное промышленное производство. Рассмотрим некоторые общие тенденции на примере модернизации трансформаторного производства.

Известная во всем мире шведско-швейцарская компания ABB (Asea Brown Boveri Ltd.), образовалась в 1988 году в результате слияния шведской ASEA и швейцарской Brown, Boveri & Cie – результат продуманной долговременной стратегии.

В 1989 году, спустя примерно год после образования бренда ABB, компания приобрела или вовлекла в свой бизнес 40 компаний, включая знаменитую корпорацию Westinghouse Electric Corporation [17].

Однако главной целью ABB была реализация долговременной стратегии развития, которая обусловлена влиянием информационных технологий на промышленное производство.

С 2002 года стратегия ABB фокусируется на развитии информационных технологий в промышленных отраслях. Сегодня ABB специализируется на производстве обширного перечня продукции электротехники, энергетического машиностроения, автоматизации процессов и информационных технологий.

Компания вошла в число мировых лидеров по разработке и выпуску робототехники, гибких производственных систем, производственных ячеек, комплексных систем для автомобильной промышленности и реализации аддитивных технологий. Помимо электротехнических изделий компания

производит программное обеспечение для автоматизации производственных процессов (системы SCADA, цифровые двойники), моделирования робототехнических комплексов, оборудование и специальное программное обеспечение для сварки и обработки пластика (подробнее с перечнем продуктов АВВ можно ознакомиться на сайте компании [19]).

Расширение номенклатуры продукции компании нашло свое отражение в выделении в структуре корпорации специализированных подразделений, например, АВВ Ability™ [20]. АВВ присутствует более чем в 100 странах мира, производя товары и услуги и используя инновационные возможности уже существующей «экосистемы». АВВ реализовало глубокое хранилище оперативных знаний. На базе современной системы управления базами данных (СУБД) была внедрена экспертная система. Интеграция АВВ в глобальную экосистему обеспечивается посредством специализированной нейросети.

Можно провести сравнительный анализ гносеологического развития также и других производителей электротехнического оборудования, корпораций: «SchneiderElectric», «Siemens», «EstelElectroAS», «TAMINIGroup», «B&R» и других. Эволюционный тренд будет сходным.

Более продуктивным выглядит сравнительный анализ перспектив развития производств ОАО «Минский электротехнический завод им. В.И. Козлова» (ОАО «МЭТЗ им. В.И. Козлова») и АО «Электrozавод» (Москва). Оба завода производят силовые трансформаторы на основе технологий характерных для середины XX века.

Существенное отличие наблюдается в позиции, которую каждый из заводов занимает на рынке. Главным акционером минского завода является государство, которое сохраняет плановую систему управления экономикой страны и благодаря этому, фактически, МЭТЗ является национальным монополистом по производству трансформаторов. Несмотря на государственную поддержку, на белорусском рынке присутствуют крупные мировые производители электротехнической продукции. Иностранным компаниям удается занять нишу первенства благодаря разнообразному ассортименту, в основном, вспомогательного оборудования, а также — благодаря высокому качеству изделий и агрессивной маркетинговой политике.

Несмотря на то, что МЭТЗ все еще сохраняет за собой существенную часть рынка, государство требует расширения экспорта, которое невозможно без улучшения качества продукции и расширения перечня сопутствующих сервисных услуг. Перед МЭТЗ стоит задача технического перевооружения, расширения (товарной) номенклатуры и перехода на технологии «Индустрии 4.0».

АО «Электrozавод» занимает существенную долю российского рынка трансформаторов и реакторов мощностью до 630 МВА напряжением 0,5 кВ — 1150 кВ. Однако монополистом в этом сегменте российского рынка он не является. Загрузка его производственных мощностей ниже проектных

возможностей, уровень производственных технологий соответствует стандартам второй половины XX столетия. АО «Электrozавод» недавно приобрела АФК «Система». Новая команда АО «Электrozавод» заявила (на сайте компании) о начале создания (с 2021 года) международного холдинга по производству и поставке электротехнического оборудования и оказанию комплексных услуг в энергетике [22]. Учитывая сравнительно небольшое время с начала работ над проектом, можно предположить, что управленцы завода работают сейчас над концепцией стратегического плана развития холдинга. Трудно сказать на данном этапе, как будет выглядеть этот план в деталях, но можно спрогнозировать отдельные его составляющие.

По заявлению акционеров и команды предприятия, «ERSO» – новое имя АО «Электrozавод» – расширит рамки традиционной деятельности компании на смежные области электросетевого строительства и оказания сопутствующих услуг. В концепцию, без сомнения, войдет внедрение на предприятии системы контроля полного жизненного цикла изделий (ЖЦИ). Цель такого внедрения – переход завода на сквозные контракты жизненного цикла от изготовления до утилизации и передачу капитальных и средних ремонтов изделий на предприятие-изготовитель, а также автоматизация информационной поддержки постпроизводственных стадий жизненного цикла изделий. Такие системы в обязательном порядке внедряются на военных производствах и крупнейших корпорациях России, таких как «Росатом», «Роскосмос». Создание системы контроля ЖЦИ – это сложный комплекс работ, регламентированный 34-й серией ГОСТ и выполняемый на проектной основе. Стандарт устанавливает требования к системам менеджмента качества организаций, осуществляющих исследования, разработку, производство, поставку, обеспечение эксплуатации, ремонт и утилизацию военной продукции.

Эффективность внедрения системы ЖЦИ и ее экономическая целесообразность становится очевидной уже на первых этапах внедрения. Любое трансформаторное изделие проходит выходной контроль. Данные выходных испытаний заносятся в (электронный) паспорт изделия. Эти же данные об изделии могут быть внесены в Систему управления техническим обслуживанием и ремонтом, созданную на основе стандартного программного решения – класса СУ ТОиР или EAM/MRO. Там же будут содержаться сведения о продаже трансформатора, постановке изделия на гарантийное, а затем постгарантийное обслуживание, где изделие будет учитываться вплоть до снятия с эксплуатации и утилизации.

Следующим шагом по внедрению системы управления ЖЦИ, как правило, становится подключение системы Управления проектированием (САПР, англ. Computer-aided design – CAD, предназначенные для 2D/3D разработки изделия). Автоматизация проектирования позволяет обеспечить создание цифрового «двойника», который дополнит электронный паспорт изделия.

Системы управления жизненным циклом продукта (Product Lifecycle Management – PLM), предназначены для автоматизации процесса управления проектированием сложных изделий и представляют собой сложный программный продукт, интегрированный из программных решений CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM. Программные комплексы САПР начали внедряться в конструкторских бюро и проектных организациях более тридцати лет назад, что делает возможным внедрение PLM-системы без остановки действующего производства или мероприятий по переносу производства на новую площадку.

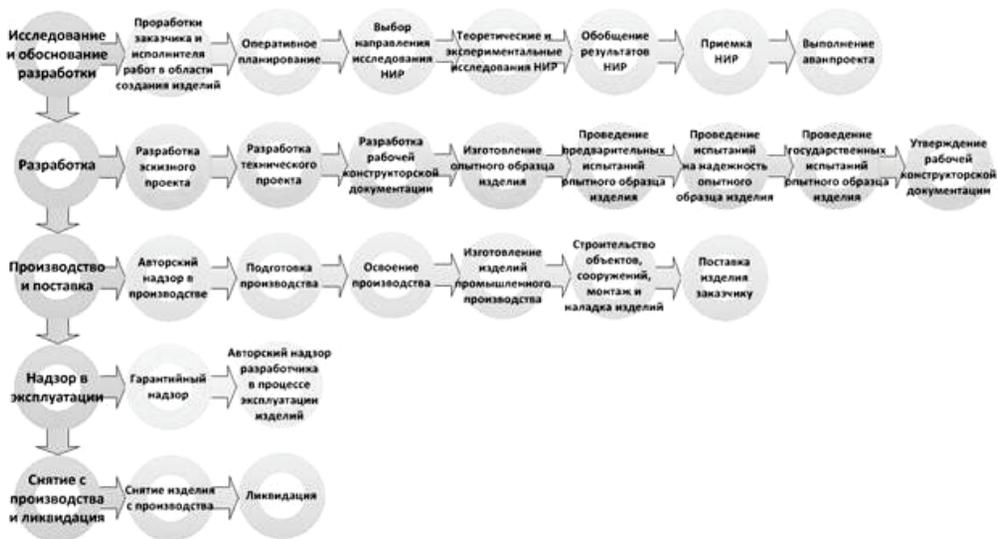


Рис. 2. Типовой жизненный цикл изделий машиностроения по ГОСТ RB 15.203 [23]

Линейка трансформаторного и реакторного оборудования АО «Электрозавод» уже сегодня превышает 3,5 тысячи типов изделий. Возможности современных вычислительных комплексов позволяют создавать и хранить в базе данных всю конструкторскую и технологическую информацию о каждом изделии завода с момента постановки задачи для проектирования изделия и до его утилизации.

Важным аспектом является также обучение персонала и удаленный контроль. Проблема подбора высококвалифицированного персонала в настоящее время является весьма острой, особенно в отраслях с высокой текучестью кадров. У бизнеса сегодня практически нет времени на обучение сотрудников. В некоторой степени эту проблему решают разного рода кадровые агентства. В остальных случаях мы сталкиваемся с проблемой ускоренной подготовки персонала при минимальных затратах времени и денег.

Современный тренд профессиональной (пере)подготовки персонала основан на технологии обучения, опирающейся на метод, в котором для обучения используется искусственная среда. Метод обучения, использующий искусственную или смоделированную среду, благодаря которой учащиеся могут полностью погрузиться в процесс обучения, называют «иммерсивным обучением».

Иммерсивное обучение реализует некие абстрактные сценарии, которые устраняют отвлекающие факторы и концентрируют внимание учащихся на процессе обучения, что ускоряет процесс формирования компетенций в профессиональной сфере или общее мировоззрение современного человека. В основу технологий иммерсивного обучения положены технологии виртуальной, дополненной, смешанной реальности 3D-моделирования, 360°-видео и др. «Виртуальная реальность» (VR) – это прежде всего визуальное и звуковое наполнение для создания эффекта присутствия в смоделированной локации. «Расширенная реальность» (AR) – это технология, которая позволяет преобразовать реальную среду в цифровой интерфейс, улучшая восприятие реального мира. Комбинация дополненной реальности и виртуальной реальности – MR, или «смешанная реальность» – это технология, которая делает виртуальные взаимодействия более реалистичными. MR позволяет цифровым и физическим объектам сосуществовать и взаимодействовать в реальном времени.

Отсюда – три варианта внедрения технологии смешанной реальности (MR) на предприятии.

Первый вариант – обучение персонала и тренировка действия оперативно-го персонала в условиях аварийной ситуации. Самый бюджетный путь реализации этих функций – создание обучающих программ в формате смешанной реальности. Для этого достаточно обработать обычную киносъемку производственного объекта на компьютере. Обучающие программы, инструкции по проведению регламентных работ или инструкции по действию оперативно-го персонала в кризисной ситуации в виртуальной форме, проецируются на съемку реального объекта. Обучаемый сможет увидеть отредактированное изображение (учебный контент) с помощью VR-гарнитуры.

Если на предприятии уже внедрены программные продукты, позволяющие создать цифровой двойник изделия или объекта (3D-моделирование), цифровой образ дополняется соответствующими инструкциями.

Максимальный эффект от применения цифровых VR/AR/MR технологий реализуется на предприятиях, на которых внедрены системы 3D-моделирования и SCADA. Технологии смешанной реальности и беспроводной связи позволяют транслировать на гарнитуру оперативного работника всю технологическую документацию, состояние параметров технологического оборудования в режиме реального времени, а также поддерживать постоянную связь оперативного персонала «в поле» с диспетчером SCADA для координации их совместных действий.

Остановимся на некоторых вопросах внедрения АСУ П. Элементы автоматической системы управления предприятием (АСУ П): программы формирования бухгалтерской и налоговой отчетности, складской учет, кадровый учет, системы электронного документооборота, системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и т.п. — без всего этого невозможно представить себе современное предприятие. Однако, следует отметить, что в большинстве случаев внедрение программных продуктов класса ERP идет довольно беспроблемно. Государство требует периодически предоставлять различные виды отчетности в электронной форме, и хотя бы поэтому даже самые маленькие компании и индивидуальные предприниматели осваивают элементы системы управления ресурсами типа «1С бухгалтерия» или более продвинутые продукты, вроде 1С-Битрикс24 (в новой версии 1С:ERP — управление предприятием/холдингом, например).

При разработке производственного плана и внедрении АСУ П чаще всего возникают трудности двух видов.

Первый — с выбором стратегии. Наиболее распространены два вида стратегий, известные под названиями «Планирование ресурсов предприятия» (ERP — Enterprise Resource Planning) и «Точно-во-время» (JiT — Just-in-Time).

Второй вид трудностей во внедрении АСУ П — это человеческий фактор. Путь к преодолению этого затруднения в комплексном внедрении ERP-технологии. Система должна обеспечивать синхронизацию деятельности всех структурных подразделений предприятия, поэтому на успех можно надеяться только после завершения внедрения полного комплекса программных решений.

Отдельного внимания заслуживает также создание новых продуктов и услуг для клиентов, которое может происходить параллельно производству и поставкам электротехнического оборудования. Так, на рынке специализированного программного обеспечения для анализа, контроля условий эксплуатации и прогнозирования выхода из строя трансформаторного оборудования можно отметить *Систему прескриптивной аналитики технического состояния трансформаторов на основе гибридного моделирования* (разработка компании «Compit expert»). Компания разработала эффективные модели прогнозирования на основе физики процессов, анализа растворённых в трансформаторном масле газов, режимов работы трансформатора, показаний температурных датчиков и датчиков электрических величин. Прескриптивная аналитика основана на физических моделях с учётом появления и развития дефектов.

Анализ концентраций растворённых газов и режимов работы трансформатора позволяет: установить наличие/отсутствие дефектов при изготовлении трансформатора или в процессе его эксплуатации; классифицировать обнаруженные дефекты; определить/предсказать опасность появления дефекта; ввести поправку на режимы работы трансформатора; предсказать надежность

трансформатора по истории изменения концентраций газов и истории режимов работы или прогнозировать информацию о предстоящих режимах.

Внедрение системы прескриптивной аналитики трансформатора также позволяет с достаточной долей вероятности разграничить отказы оборудования, причинами которых стало неудовлетворительное качество изготовления трансформатора от отказов, причинами которых стало несоблюдение условий эксплуатации.

Пример стратегии развития шведско-швейцарской компании АВВ, которая из электротехнического предприятия стала одним из мировых лидеров в производстве робототехники и специального ПО, заставляет задуматься: ведь мы вынуждены развивать отечественную промышленность в условиях жёсткой конкуренции на товарных рынках, в т.ч. различного рода эмбарго и ограничений на передачу технологий и новейшего оборудования.

Совершенно очевидно, что новейшие достижения в робототехнике войдут в перечень товаров, запрещенных к поставкам в Россию. В рамках предложения по диверсификации электротехнического производства можно рассмотреть вопрос о внедрении некоторых перспективных национальных разработок из этой области.

Уже несколько лет талантливые нижегородские энтузиасты-разработчики предлагают разработанные и изготовленные собственными силами образцы специальных технологических роботов и роботизированных комплексов к внедрению в промышленное производство для нужд российской электронной промышленности. Предлагаемое оборудование будет полностью выполнено по российскому проекту, будет обладать российскими системами управления, а также оснащаться российским программным обеспечением. Оборудование успешно применяется в управлении станками с ЧПУ, автоматическими линиями, ГАПами, оборудованием литейного и метал-лургического производства и т.д.

Применение роботов и роботизированных комплексов на сегодняшний день является единственно возможным способом создания высокопроизводительных гибких автоматизированных систем/производств, способных выполнять серийный выпуск как компонентов, так и изделий электронной техники.

Понятно, что все вопросы по внедрению программных продуктов, которые мы рассматривали выше, в рамках предприятия относятся к концепции догоняющего развития.

Вместе с тем в процессе реализации плана по переходу к Индустрии 4.0 возникает множество практических вопросов и, прежде всего:

1) как получить доступ к современным технологиям и инновационным разработкам?

2) где взять ресурсы для модернизации производственной структуры и внедрения инноваций?

Анализ показывает, что многие перспективные разработки как российских, так и иностранных ученых нашли свое применение в Японии, США, Израиле и в других странах с развитой системой государственной поддержки инноваций и венчурных проектов (стартапов). Другими словами, инновации внедряются не там, где они были разработаны, а там, где для их внедрения сложились оптимальные условия.

Оптимальные условия для внедрения механизмов коммерциализации результатов научной деятельности, финансирования инновационных проектов и высокотехнологичных производств может создать соответствующая инфраструктура, которую необходимо создать в рамках перехода к концепции опережающего развития.

Некоторые меры для укрепления связей между наукой и реальным сектором экономики уже приняты или принимаются в настоящее время. В частности, 9 апреля 2010 года Правительство Российской Федерации утвердило постановление N 218 «Об утверждении Правил предоставления субсидий на развитие кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций реального сектора экономики в целях реализации комплексных проектов по созданию высокотехнологичных производств». Готовится Постановление Минпромторга РФ, согласно которому в рамках программы импортозамещения предусмотрено приобретение инновационных технологий и высокотехнологичных продуктов, с последующим их внедрением в производство на базе сети современных инновационных внедренческих центров. Задача менеджмента заинтересованных компаний — использовать государственные меры поддержки для модернизации и расширения производства, банковские источники и активы фондового рынка.

Вывод:

- В режиме догоняющего развития необходимо концентрировать ресурсы для модернизации и совершенствования производства.
- В режиме опережающего развития необходимо направить усилия на создание условий для разработки и привлечения инноваций, а также для создания режима наибольшего благоприятствования их внедрению.

Литература

1. *Маркс К.* П.В. Анненкову, 28 декабря 1846 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е. Государственное издательство политической литературы. Т. 27. С. 406.
2. *Obzrevatel. Пазий В.* Украина осталась самой бедной страной Европы: опубликованы цифры. URL: <https://news.obzrevatel.com/economics/analytics-and-forecasts/ukraina-ostalas-samoj-bednoj-stranoj-evropyi-opublikovanyi-tsifryi.htm> (22.03.2021).
3. *Сухарев О.С.* Адекватность стратегии опережающего развития экономики России в глобальных изменениях // М. Стратегия экономического развития (Экономический анализ: теория и практика) № 47 (350). 2013 г.

4. Национальный научно-технический портал Республики Беларусь. Суперкомпьютерная программа Союзного государства «СКИФ». URL: http://www.scienceportal.org.by/cooperation/success_stories/c5673a5e69a4d701.html
5. Сайт университета. URL: <https://www.uni-mannheim.de/>
6. *Дунин-Барковский В.Л.* Нейрокибернетика, Нейроинформатика, Нейрокомпьютеры / В кн.: Нейроинформатика. А.Н. Горбань, В.Л. Дунин-Барковский, А.Н. Кирдин и др. // Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. 296 с. ISBN 5-02-031410-2.
7. Беларусь сегодня. Интервью. Академик Петр Витязь о вкладе Беларуси в «общий космос», международном признании и планах на будущее. 07.08.2020. URL: <https://www.sb.by/articles/belarus-ty-kosmos.html>
8. Агентство «БЕЛТА». Новости. URL: <https://www.belta.by/economics/view/belaz-s-nac-hala-goda-postavil-produktsiju-v-20-stran-395256-2020/>
9. Федеральный закон Российской Федерации №473-ФЗ «О территориях опережающего социально-экономического развития (далее – ТОР) в Российской Федерации» от 29 декабря 2014 года.
10. *Глазьев С.Ю.* О неотложных мерах по укреплению экономической безопасности России и выводу российской экономики на траекторию опережающего развития / Доклад С.Ю. Глазьев // М.: Институт экономических стратегий, Русский биографический институт. 2015. 60 с.
11. *Дадалко В.А., Чумак Г.В., Дадалко С.В.* Экономическая безопасность: проблемы и условия перехода к экономике опережающего развития // Общероссийская (национальная) научная конференция. Доклады и материалы // Издательство Московского гуманитарного университета. 2020. Стр. 257–265.
12. Гибкие производственные модули и гибкие производственные системы. URL: <https://extxe.com/3632/gibkie-proizvodstvennyye-moduli-i-gibkie-proizvodstvennyye-sistemy/#2>
13. История предприятия МЭТЗ им. Козлова В.И. URL: <https://metz.by/istoriya/>
14. National academy of Science and Engineering. URL: <https://en.acatech.de>
15. *Клаус Шваб.* Четвертая промышленная революция». URL: <https://future2day.ru/chetvertaya-promyshlennaya-revolutsiya/>
16. *Дементьев В.Е., Устюжанина Е.В., Евсюков С.Г.* Цифровая трансформация цепочек ценности. Журнал институциональных исследований) Том 10. № 4. 2018. URL: https://ecsosman.hse.ru/data/2018/12/29/1251872563/JIS_10.4_4.pdf
17. Весь Петроград на 1917 год, адресная и справочная книга г. Петрограда // Петроград: Товарищество А.С. Суворина, «Новое время», 1917. С. 26 рекламного блока. ISBN 5-94030-052-9.
18. История компании АБВ. URL: <https://masterxoloda.ru/abb>
19. АБВ: продукты и услуги. URL: https://new.abb.com/offering?_ga=2.82960784.700733421.1630743341-1493897697.1630743341
20. АБВ: Ability™. URL: <https://global.abb/topic/ability/en/about/our-integrated-approach>
21. РБК. АФК «Система». URL: <https://www.rbc.ru/business/23/12/2020/5fe386199a79471af3d05dd3>
22. Презентация АО «Электрозавод». URL: https://elzav.ru/upload/for_static/Презентация%20Электрозавод%2012.07.pdf
23. Социальная сеть Pandia.ru. URL: <https://pandia.ru/text/80/171/35457.php>

Vasily Dadalko (e-mail: antikrizis1@bk.ru)
Grand Ph.D. in Economics, Professor,
Full Member (Academician) of the Academy of Military Sciences of the Russian Federation (Moscow, Russia)

Igor Krylov (e-mail: tt165@mail.ru)
Grand PhD in Technical Science, Professor of the
Joint-stock company «Elektrozavod» (Moscow, Russia)

Sergey Sidorenko (e-mail: sera-1968@mail.ru)
Grand Ph.D. in Economics, Professor,
Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia),

Gennady Tchumak (e-mail: 7371562@list.ru)
PhD in Technical Sciences,
PhD in Technical Science, Deputy Director of
the NGO «Research Institute for Development and Security» (Minsk, Belarus)

ON SOME ISSUES OF DIGITALIZING PRODUCTION IN THE COURSE OF TRANSITION TO INDUSTRY 4.0

The authors point to the current trends in the development of society, revealed by globalization: stratification of the population by income, the formation of economically developed centers and economic periphery, the dominance of developed countries over developing ones. The article discusses the advantages and disadvantages of the concepts of technological superiority; it is emphasized that the concept of catch-up development allows saving resources in the process of modernizing production, but leads to a technological lag. Therefore, during the transition to the advanced development, the need for the consistent infrastructure becomes urgent, offering opportunities for the commercialization of new developments, and financing projects of competitive high-tech industries.

The stages of technological modernization and transition to the «Industry 4.0» production standard are considered and several examples of the implementation of products accompanying the production of transformers are proposed. The conclusion is drawn: in the mode of catching-up development, it is necessary to concentrate resources for modernization and improvement of production; in the mode of advanced development, in addition to financing scientific developments, it is necessary to create conditions for attracting innovations and ensuring their implementation.

Keywords: catch-up development concept, APCS, product life cycle, Industry 4.0, immersiveness, financing of innovative projects.