

УДК 65.011

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И НАУЧНОГО СЕКТОРА

© 2024 А.И. Шинкевич, Я.В. Денисова

Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

Статья поступила в редакцию 07.02.2024

Статья посвящена вопросам значимости и актуальности такой важной тенденции взаимодействия машиностроительных предприятий, как рост их сложности, что обуславливается нарастанием кооперационных связей не только внутри отрасли, но и в смежных, межсекторальных областях, одной из которых является среда высших учебных заведений. Целью исследования является определение факторов, оказывающих влияние на результативность взаимодействия в сети «вуз – предприятия машиностроения» в целях обеспечения технологического суверенитета. Разработана модель обеспечения технологического суверенитета в машиностроительной отрасли в сети «вуз–предприятия машиностроения», состоящая из шести основных этапов, на каждом из которых предприятие взаимодействует с высшим учебным заведением для целей создания импортозамещающих изделий машиностроения. Определены факторы – интеллектуальный, финансовый, кадровый – оказывающие влияние на результативность сетевого взаимодействия «вуз – предприятия машиностроения» в целях обеспечения технологического суверенитета, которая определяется как эффективность инновационной деятельности, поскольку производство импортозамещающих изделий в большинстве является новой продукцией. Преобладающими компонентами Образования 4.0 являются интеллектуальные методы инженерного образования, где осуществляется подготовка квалифицированных кадров за счет использования цифровых средств обучения. В условиях развития технологического суверенитета вузы должны применять новые методы обучения, инновационные дидактические и управленческие инструменты, а также интеллектуальную и устойчивую инфраструктуру, дополняемую новыми ИКТ для улучшения процессов генерации знаний и передачи информации.

Ключевые слова: менеджмент качества, сетевое взаимодействие, производственный процесс, технологический суверенитет, машиностроительная промышленность, процессная модель, инженерные кадры.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-2-70-79

EDN: TKXGAD

ВВЕДЕНИЕ

Нынешний этап развития машиностроительного комплекса характеризуется ростом уровня сложности и наукоемкости. Кроме того, повышается значимость и актуальность такой важной тенденции взаимодействия машиностроительных предприятий, как рост их сложности, что обуславливается нарастанием кооперационных связей не только внутри отрасли, но и в смежных, межсекторальных областях. Одной из таких отраслей является среда высших учебных заведений, выступающая, с одной стороны, как поставщик интеллектуальных активов в машиностроительный комплекс – кадров разного уровня для обеспечения производства требуе-

мыми человеческими ресурсами, обладающих определенным набором знаний и компетенций; с другой стороны, – как генератор знаний и инноваций для инновационного развития отрасли в целом, а также ее отдельных предприятий и их цепочек поставок.

Обеспечение высокого уровня качества процессов производства и надежности функционирования машиностроительных предприятий является актуальной и значимой проблемой с научной и технической точек зрения. В современных условиях ведения производственно-хозяйственной деятельности, характеризующейся нарастанием экономической напряженности и необходимостью сохранения промышленной безопасности, обеспечение технологического суверенитета, стратегическая линия решения данных вопросов требует дальнейшего развития научных основ повышения эффективности процессов производства, повышение их качества, внедрения перспективных технологий проектирования и управления производством машиностроительной продукции на всех этапах ее жизненного цикла с использованием вну-

Шинкевич Алексей Иванович, доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой логистики и управления.

E-mail: ShinkevichAI@corp.knrtu.ru

Денисова Яна Владимировна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества.

E-mail: denisova.ya.v@yandex.ru

тренного потенциала отрасли не только силами и средствами машиностроительного комплекса, но и в сетях, формирующихся на их базе, включая высшие учебные заведения и другие промышленные предприятия.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ В СЕТИ «ВУЗ – ПРЕДПРИЯТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ» ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА ОТРАСЛИ

При переходе к новому шестому технологическому укладу мировое научное сообщество, а также менеджмент предприятий испытывают потребность в систематизации общих трендов развития систем управления качеством промышленного предприятия, которые в дальнейшем используются как фундаментальная база для разработки промышленной политики и повышения требований к качеству процессов производства, экологическим требованиям, охране труда и безопасности процессов производства.

Проблематике качества управления предприятием, а также мезо- и макросистемами в процессе смены технологического уклада более полно представлена в исследованиях Клейнер Г. Б. [1], Полякова В. А. [2], Шинкевича А. И. [3] и др.

Кроме того, следует указать, что государственный стандарт в области качества устанавливает к системе обеспечения качества производственного процесса широкий круг требований, среди которых: идентификация потребностей заинтересованного круга субъектов хозяйствования (в том числе поставщиков, подрядчиков, потребителей и др.) и их удовлетворение; клиентоориентированный подход; тип организационной структуры управления, распределение обязанностей и ответственности между функциональными подразделениями; инфраструктура; компетенции кадрового состава; документооборот, информационный обмен, формирование и ведение банков данных; используемые методы производства и контроля качества процессов производства и выпускаемой продукции; средства контроля качества; методы менеджмента качества (административные, социально-психологические, технологические, статистические, экономические) [4-6].

В настоящее время в силу внутренних и внешних изменений вопросы технологической и научной кооперации, развитие собственных производств и создание передовых компетенций стали одним из важнейших приоритетов государства. В целом, вопросам влияния факторов на становление технологического суверенитета в настоящее время уделяется пристальное внимание. Проблемы ресурсоэффективности промышленного комплекса как основа обеспе-

чения технологического суверенитета рассматриваются в исследованиях Шинкевича А. И., Кудрявцевой С. С., Ершовой И. Г., Барсегян Н. В., Miller A., Miller M. и др. [7-9]. Развитие цифровых инструментов управления промышленным предприятием является одним из ключевых факторов успеха обеспечения технологического суверенитета. Так, Галимулина Ф. Ф. в своем исследовании анализирует определения термина «цифровой суверенитет», являющийся одним из факторов государственного суверенитета и новым вызовом для страны [10]. Определение «цифрового суверенитета» также уточнено Володенковым С. В. и др., под которым они понимают как «эмерджентное свойство государства как сложной системы, которое возникает в результате ... соединения цифровой технологической инфраструктуры государства с цифровыми компетенциями и навыками ... институтов и самих граждан» [11].

Основу управления качеством процессов производства продукции в сети «вуз – предприятия машиностроения» для обеспечения технологического суверенитета отрасли составляет государственный стандарт ISO 9001-2011 [12]. Его ключевым ядром к управлению качеством производства на отдельных предприятиях, а также в сети, составляет процессный подход к управлению.

Целевой результат достигается эффективнее, когда производственной деятельностью и требуемыми для нее ресурсами управляют как процессом. Использование на промышленных предприятиях системы процессов вместе с их идентификацией и взаимодействием, а также управление процессами основаны на процессном подходе, который реализуется согласно стандартам серии ISO.

Основные преимущества процессного подхода к управлению сетью (в данном случае под сетью мы будем понимать совокупность предприятий и учреждений разной сферы деятельности, объединенных между собой по каналам потоков для достижения общей цели) можно свести к следующим положениям, состав которых отражен на рис. 1.

Ко всем процессам управления целесообразно применять цикл Шухарта-Деминга «Plan-Do-Check-Act» (PDCA), который включает следующие элементы, взаимосвязанные друг с другом:

- планирование (plan) – разработка целей и процессов, которые необходимы для достижения конечного результата;
- выполнение (do) – внедрение процессов в производство и управление;
- контроль (check) – непрерывный мониторинг и контроль процессов производства и управления на предмет оценки достижения результата;

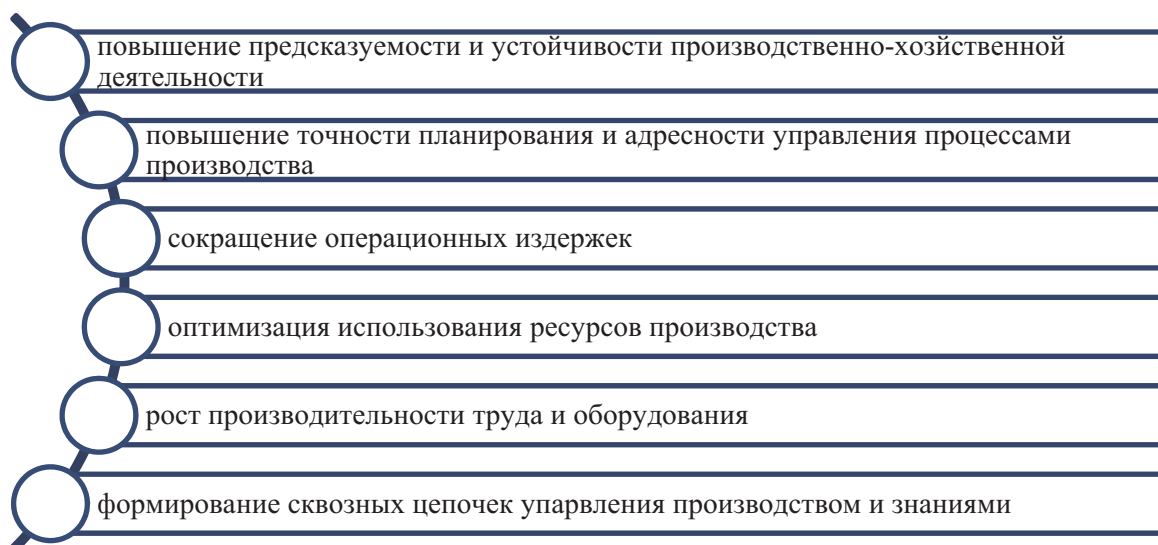


Рис. 1. Преимущества процессного подхода к управлению в сети (обобщено авторами)

– действие (act) – система непрерывных улучшений и постоянного совершенствования.

В условиях повышения значимости кооперационных связей промышленных предприятий с учреждениями образования и науки растет актуальность управления качеством сетей. Формирование сетей машиностроительных предприятий и высших учебных заведений имеет ряд стратегически значимых организационных, экономических и технико-технологических целей, направленных на поддержание технологического суверенитета, конкурентоспособности и эффективности машиностроительного комплекса. Среди них следует особо выделить следующие:

– развитие серии кооперационных связей и партнерских отношений науки и производства;

– укрепление позиций отечественных машиностроительных предприятий при формировании заказа на определенные научные исследования и разработки, реализацию инновационных проектов полного жизненного цикла, проведение инженеринговых и проектно-исследовательских работ;

– развитие фундаментальной научно-исследовательской базы в приоритетных областях исследований и технологий в сфере машиностроения;

– организация системы мероприятий по кадровому обеспечению машиностроительного комплекса, в том числе профессиональная переподготовка, повышение квалификации кадрового состава машиностроительных предприятий.

Среди основных задач сети научно-образовательных учреждений и предприятий машиностроения наиболее стратегически значимыми являются следующие:

– рост качества «жестких» и «мягких» компетенций кадров в сфере машиностроения;

– формирование каналов движения информационных и материальных потоков, связанных с обеспечением производственных процессов наукоемкими технологиями, инновационными проектами, проектами ресурсосбережения и ресурсоэффективности, которые обеспечивают сквозную интеграцию потоков создания стоимости на всех этапах жизненного цикла продукции машиностроительной отрасли;

– научно-техническая, инженеринговая и кадровая поддержка в адаптации к переходу на выпуск импортозамещающей продукции в машиностроительном комплексе, диверсификацию производства и рост его конкурентоспособности;

– подготовка кадров для машиностроительной отрасли.

Рост конкурентоспособности продукции машиностроительной отрасли, повышение ее наукоемкости, достижение технологического суверенитета – это неотъемлемые элементы постоянного, непрерывного процесса повышения качества управления производством в рамках сети. Основными процессами в системе менеджмента качества сети можно выделить такие, как:

– внутренние аудиты;

– политика и цели в области качества;

– анализ данных;

– анализ со стороны руководства;

– превентивные мероприятия по снижению рисков;

– управление ресурсным обеспечением процессов производства;

– уровень удовлетворенности потребителей;

– мониторинг процесса производства продукции;

– мониторинг выпускаемой продукции.

Таким образом, ключевой целью формирования сетей научно-образовательных органи-

заций и машиностроительных предприятий является объединение данных организационных структур в целях повышения эффективности организации процессов проектирования и выпуска конкурентоспособной машиностроительной продукции в современных макроэкономических реалиях, ориентируясь на сохранение и преумножение уровня технологического суверенитета отрасли. Тематически данная сеть ориентирована на организационно-технологические аспекты машиностроительного производства.

МОДЕЛЬ СЕТЕВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В СЕТИ «ВУЗ – ПРЕДПРИЯТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

В условиях становления технологического суверенитета в российской промышленности в целом, и в отрасли машиностроения в частности, особого внимания требует соответствующее развитие образовательной и научной деятельности, ускоренное внедрение научных результатов для производства критически важной продукции. Производственно-технологические вызовы должны обеспечиваться реализацией научно-исследовательских работ, реализацией проектов по производству импортозамещающей продукции, запуском программ реверсивного инжиниринга и развитием инженерной инфраструктуры.

Проблемно-ориентированный подход к обучению инженеров по созданию механических конструкций, машин, оборудования и других технических систем является ключевым принципом образования для ускорения процесса импортозамещения. Сетевое взаимодействие «вуз – предприятие машиностроения» должно заключаться в выполнении реальных проектов через решение технических задач по заказам предприятий [13, 14].

Необходимость стремительного развития интеллектуального машиностроительного производства также прогнозирует острый спрос на следующее поколение специалистов в области информационных технологий. Назревает новая волна промышленных и технологических революций в обрабатывающей промышленности, что требует адекватного обеспечения работниками инженерных и рабочих специальностей [15]. Специалисты будут занимать критическое положение в контексте технологического суверенитета, одновременно устанавливая более высокие стандарты для структуры знаний, развивая практические способности и комплексные компетенции производственного персонала.

В сфере обучения инженеров-конструкторов-технологов в российских университетах

просматривается три недостатка, касающиеся развития технологического суверенитета в области машиностроения [16, 17]:

1. Недостаточные компетенции инженеров – машиностроителей в области информационных технологий нового поколения. В большинстве вузов отсутствует четкость в программе основного обучения и повышения квалификации для аспирантов машиностроения в эпоху новых информационных технологий, а условия обучения в университетах ограничены традиционной системой знаний.

2. Недостаточно цифровых образовательных ресурсов, касающихся практики информационных технологий нового поколения. Текущая тенденция решения сложных производственных задач предполагает использование информационных технологий нового поколения и развитие практических способностей механических специальностей. Однако большинство университетов не предоставляют всесторонних знаний по механическим дисциплинам, а реальных примеров немного, что приводит к трудностям студентов в понимании передовых технологий отрасли. В то же время создание высокотехнологичных лабораторий для проведения новых исследований, связанных с интеллектуальным производством, является не всегда неадекватным потребностям современного машиностроения.

3. Модель сетевого взаимодействия «вуз – предприятие машиностроения» в части производств высокого технико-конструкторского класса еще не сформирована. Традиционные цели производственного обучения часто отдают приоритет специализированным техническим навыкам, которые, хотя и важны, могут не охватывать более широкие наборы компетенций, необходимые для интеллектуальной трансформации производства в рамках развития технологического суверенитета.

Являясь важной областью базовой инженерии, традиционное машиностроение предоставляет различные продукты и услуги для развития обрабатывающих производств в целом. Благодаря традиционным методам обучающиеся осваивают базовые теории механики и знают современные технологии. Однако выпускники машиностроения со знаниями ограниченной базовой теории механики не могут удовлетворить потребности предприятий машиностроения в части создания новых машин и оборудования. Следовательно, возникает определенный спрос на новую программу обучения, специально разработанную для интеллектуальных машиностроительных производств.

Становится очевидным, что подход к решению инженерных задач машиностроения, адекватный для требований сетевого обеспечения технологического суверенитета, должен быть междисциплинарным (рис. 2). К примеру, для

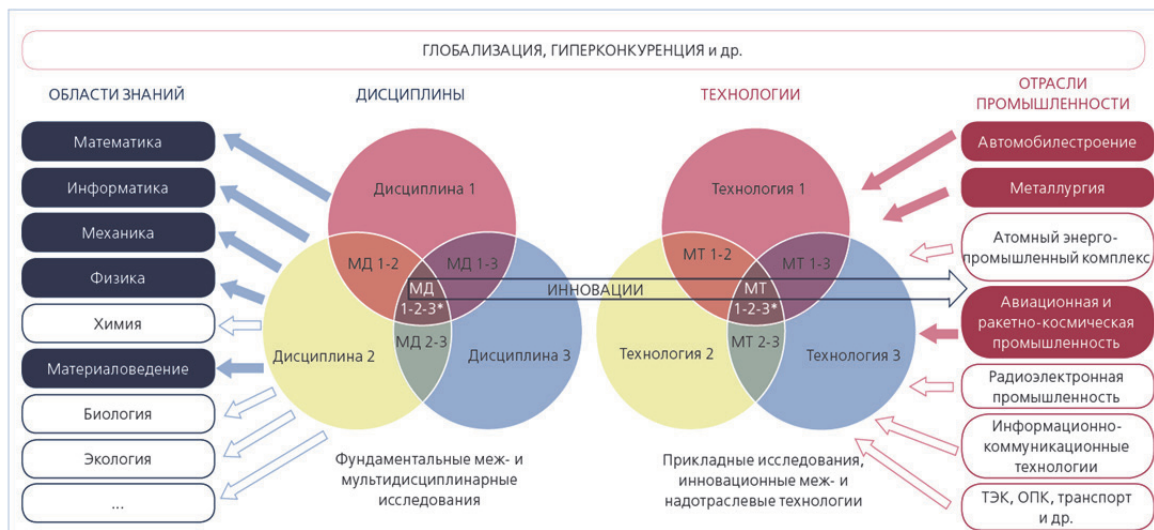


Рис. 2. Междисциплинарный подход к решению инженерных задач машиностроения, адекватный для требований сетевого обеспечения технологического суверенитета [18]

развития отечественного автомобилестроения, металлургии, авиационной и ракетно-космической промышленности необходимы знания в области математики, информатики, механики, физики, материаловедения.

Расширение разнообразия профессиональных инженерных услуг в отрасли машиностроения требует от выпускников инженерных специальностей умения работать со сложными и междисциплинарными знаниями. Высококвалифицированные преподаватели могут использовать современные технологии для обучения студентов-инженеров инновационным и совместным методам анализа, основанным на пробах и ошибках, с использованием реальных систем для изучения соответствующих инженерных дисциплин. Цифровые двойники с помощью инструментов Индустрии 4.0 и более поздних версий потенциально могут предложить платформу, на которой студенты-инженеры могут тренироваться с виртуальной моделью, представляющей реальную физическую модель отрасли машиностроения.

На рисунке 3 представлен процесс обеспечения технологического суверенитета в машиностроительной отрасли в сети «вуз – предприятия машиностроения». Процесс включает шесть основных этапов, на каждом из которых предприятие взаимодействует с высшим учебным заведением для целей создания импортозамещающих изделий машиностроения.

На входе в процесс поступает информация о существующей промышленной проблеме или вызове, связанном с необходимостью оперативной разработки и производстве машиностроительной продукции, которая возможно является критической для функционирования прочих отраслей промышленности и услуг. Начальный модуль А1 направлен на разработку плана раз-

вития производства критических технологий и импортозамещающих изделий. На этом этапе ведется совместная работа с образовательным учреждением в части проработки плана в рамках возможностей и компетенций участвующих организаций.

Модуль А2 предполагает проведение инвентаризации имеющихся на производстве интеллектуальных ресурсов для разработки и производства критических изделий: знаний, наработанных технологий и соответствующих специалистов всех уровней. При отсутствии или недостаточной разработанности технологий предприятие обращается в вуз с целью заключения соглашения и подачи технического задания на разработку импортозамещающего изделия. Соответственно, с определенным временным лагом вуз дает обратную связь и обеспечивает производство необходимыми технологическими и конструкторскими разработками. Предполагается, что сетевой процесс взаимодействия предприятия с вузом имеет долгосрочный непрерывный характер, выполнение НИОКР могут иметь определенную очередность и последовательно-параллельно направляться предприятию для дальнейшей работы.

Модуль А3 направлен на инвентаризации средств производства согласно разработанной технологии. Осуществляется подбор требуемого оборудования, машин, инструментов, а также производится исследование рынка сырья и комплектующих изделий. Допустимо, что в техническом задании на разработку технологии изготовления изделия, предприятием обозначены имеющиеся средства производства (в случае производства импортозамещающего изделия из однотипного ряда), что частично исключает модуль А3 из процессной цепи. При полном отсутствии средств производства или оборудо-

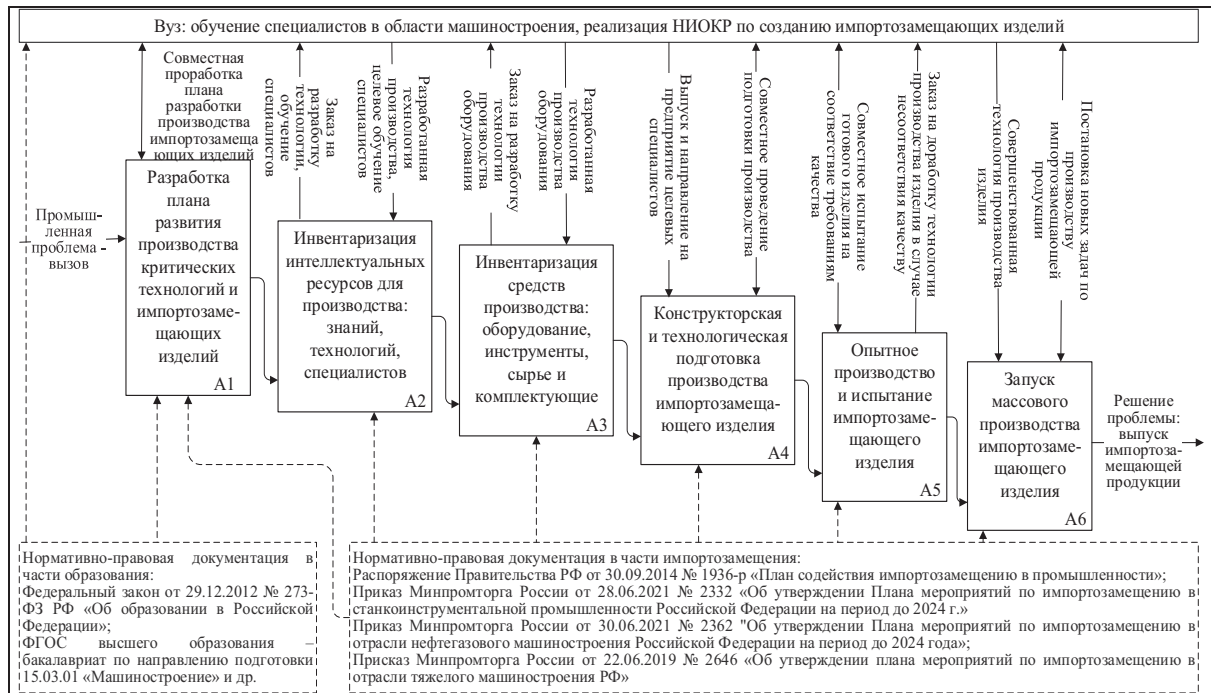


Рис. 3. Процессная модель обеспечения технологического суверенитета в машиностроительной отрасли в сети «вуз – предприятия машиностроения» (разработана авторами)

вания для производства импортозаменяющего изделия, запрос отправляется на разработку в вузы или конструкторские бюро, что должно осуществляться под контролем регулирующих органов. Важным элементом модуля А3 является сотрудничество вуза с предприятием в части целевой подготовки специалистов с нужными для производства компетенциями.

При наличии технологии производства продукции, соответствующего оборудования и компетентных специалистов всех уровней предприятие запускает процесс конструкторской и технологической подготовки производства импортозаменяющего изделия (модуль А4). На этом этапе совместно с вузом разрабатывается необходимая производственная документация на основе национальных стандартов и регламентов, правовой документации, локальных требованиях по конкретному производству.

Модуль А5 процессной цепи направлен на организацию опытного производства и испытание импортозаменяющего изделия, проверку его на соответствие требованиям качества согласно стандартам. В случае выявления технологических проблем производства изделия, его несоответствия качеству, может возникнуть потребность доработки технического задания и/или самой технологии. В этом случае предприятие либо проводит работы на своей территории при присутствии вуза-разработчика, либо направляет запрос (техническое задание) на доработку согласно условиям соглашения.

При устранении всех неполадок и утверждении технологии производства изделия осуществ-

ляется запуск массового производства, где в ходе производственного процесса, в связи с изменением внешних факторов, могут возникнуть планы по совершенствованию продукта и дальнейшие совместные мероприятия с вузом.

На выходе из процесса обеспечения технологического суверенитета в машиностроительной отрасли в сети «вуз – предприятия машиностроения» готовое импортозаменяющее изделие для функционирования экономики страны. Все действия в процессной цепи производятся на основе нормативно-правовой документации в части импортозамещения, норм и правил образования, а также документации в части организации производства и управления качеством продукции.

В интересах исполнения закона «Об образовании» № 273-ФЗ в части сетевой формы реализации образовательных программ посредством формирования партнерств между образовательными, производственными, научными организациями, обладающими уникальными для образовательного процесса ресурсами, важной остается разработка практических способов достижения синергетического эффекта и роста качества подготовки студента от сетевых взаимодействий. Одной из таких форм является сетевая форма реализации образовательных программ, которая предполагает интеграцию нескольких организаций на договорной основе, каждая из которых представляет для реализации образовательной программы особые ресурсы, отсутствующие у другой организации [19,20].

Для обеспечения качества подготовки студентов в вузах-партнерах технико-технологической направленности привлекаемые ресурсы могут быть как материальные, например, лучшая лабораторная и приборная база, так и интеллектуальные – знания передовых разработок в области читаемых дисциплин, особые методики преподавания, новые методы и технологии обучения, отсутствующие у партнера. Для самостоятельной оценки качества организации обучения и его результатов в вузах предусматривается график внутреннего аудита с системой диагностических и оценочных процедур. Очевидно, что при сетевой программе необходима система аудитов, затрагивающая всех участников сетевых взаимодействий. Представляется, что аудит будет способствовать самопроверке каждого участника и их интеграционному партнерству; упорядочиванию межпартнерского документирования процессов и результатов; обмену опытом по горизонтальным связям и переносу лучшего опыта от одного из партнеров другим. При таком подходе результаты аудита будут выступать не столько отражением текущего состояния качества подготовки, сколько служить источником для управленческих действий в интересах постоянного улучшения качества [21].

Результативность взаимодействия в сети «вуз – предприятия машиностроения» в целях обеспечения технологического суверенитета можно определить, как эффективность инновационной деятельности, поскольку производство импортозамещающих изделий в большинстве является новой продукцией. Полагаем, факторами, оказывающими влияние на результативность сетевого взаимодействия «вуз – предприятия машиностроения» могут быть:

- интеллектуальный фактор – вновь разработанные передовые технологии;
- финансовый фактор – инвестиции в разработку новых продуктов;
- кадровый фактор – число исследователей, разработчиков нового продукта.

Зависимость между предикторами (факторами инноваций) и результирующей переменной определим путем корреляционно-регрессионного анализа. Исходной базой данных служит информация о деятельности российских предприятий по производству машин и оборудованию за период 2010-2022 года (таблица).

Соответственно, параметрами регрессионной модели будут следующие переменные:

Y – результативность инновационных разработок предприятий (доля инновационных товаров в общем объеме производства, %);

X_1 – интеллектуальные ресурсы для обеспечения технологического суверенитета (число новых для России передовых производственных технологий, единиц);

X_2 – финансовые вложения предприятий для обеспечения технологического суверенитета (индекс инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства, осуществляемых при модернизации производства, %);

X_3 – кадровый потенциал предприятий для обеспечения технологического суверенитета (доля исследователей и техников в общем числе персонала, занятого научными исследованиями и разработками, %).

Задачей множественной линейной регрессии является разработка модели с множеством факторов и определение влияния каждого из них на моделируемый показатель. Так, регрессионная модель результативности инновационных разработок предприятий имеет вид:

Таблица – Исходные данные для корреляционно-регрессионного анализа инновационных разработок в целях развития технологического суверенитета в сети «вуз – предприятия машиностроения», выборочные периоды (составлено автором по [13])

Показатели по производствам машин и оборудования	2010	2015	2020	2021	2022
Доля инновационных товаров в общем объеме производства, %	6,5	5,2	10,2	13,0	11,0
Число новых для России передовых производственных технологий, единиц	31	33	40	50	60
Индекс инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства, осуществляемых при модернизации производства, в сопоставимых ценах, в %	72,4	56,2	73,2	155,7	93,0
Доля исследователей и техников в общем числе персонала, занятого научными исследованиями и разработками, %	58,1	59,8	59,7	60,4	60,0

$$Y = -134,41 - 0,011X_1 + 0,013X_2 + 2,382X_3.$$

Достаточно высокое качество модели определяет коэффициент детерминации $R^2 > 0,75$, Р-значение $< 0,05$ и значимость $F < 0,05$. Некоторая погрешность обусловлена влиянием случайных факторов, а также стандартной ошибкой измерения: модель содержит значительно большей «шумовой» коэффициент, равный -134,41.

Значительно меньшая прямая взаимосвязь наблюдается по инвестициям на модернизацию производства (к регрессии $X_2 = 0,013$). В случае интеллектуальных ресурсов наблюдается отрицательная зависимость или такое явление, когда при увеличении числа разработанных передовых технологий (новых для России) незначительно снижается доля инновационной продукции. Возможно данная ситуация обусловлена наличием временного лага в цепи «разработка технологий – производство продукции» и требует дополнительных исследований.

Как уже было сказано ранее, организация и контроль производственной цепочки создания импортозамещающего продукта возможна при помощи цифровых двойников, позволяющих на основании математических инструментов моделировать информативные зависимости для проектирования решений. Известными принципами проектирования решений в части разработки технологий и производства продукции являются функциональная совместимость, информационная прозрачность, децентрализация, возможность работы в режиме реального времени, ориентация на техническую помощь и сервис и модульность. Более того, цифровая проектно-производственная система стремится к дальнейшим инновациям, внедряя автоматизацию, анализ на основе данных и средства принятия решений для увеличения производительности отрасли.

Преобладающими компонентами Образования 4.0 являются интеллектуальные методы инженерного образования, где осуществляется подготовка квалифицированных кадров за счет использования цифровых средств обучения. В условиях развития технологического суверенитета вузы должны применять новые методы обучения, инновационные дидактические и управленческие инструменты, а также интеллектуальную и устойчивую инфраструктуру, дополняемую новыми ИКТ для улучшения процессов генерации знаний и передачи информации. Объединение этих ресурсов в процессе обучения и практики будет способствовать обучению и развитию желаемых критических компетенций у студентов инженерных специальностей. Преподаватели инженерных специальностей вузов также играют важную роль в подготовке выпускников, обладающих навыками и опытом для продвижения идей промышленных революций [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для развития необходимых компетенций в области разработки и производства импортозамещающей продукции от специалистов требуются знания в различных областях науки и техники, а также навыки междисциплинарного моделирования, например, интеграция электромеханических и гидравлических систем для прецизионной обработки. Практико-ориентированное обучение инженеров с использованием цифровых двойников в машиностроении очень важно при проектировании и совершенствовании автоматизированных производственных линий, управлении жизненным циклом продукта путем предиктивной аналитики, удаленной диагностики и удаленных операций.

В данном исследовании особое внимание уделяется вопросам управления качеством процессов производства продукции в сети «вуз – предприятия машиностроения» для обеспечения технологического суверенитета отрасли.

Сформулированные выводы могут быть учтены управленцами в рамках уточнения стратегии, реализации междисциплинарного подхода к решению инженерных задач машиностроения, адекватный для требований сетевого обеспечения технологического суверенитета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клейнер, Г.Б. Системная парадигма и экономическая политика / Г.Б. Клейнер // *Общественные науки и современность*. – 2007. – № 2. – С. 141–149.
2. Поляков, В.А. Анализ технико-экономических парадигм «технологический уклад» и «индустрия» / В.А. Поляков, И.В. Фомичева // *Известия Тульского государственного университета*. – 2019. – № 1–1. – С. 30–38.
3. Шинкевич, А.И. Некоторые аспекты обеспечения технологического суверенитета научно-производственного предприятия / А.И. Шинкевич, В.А. Шогенов // *Известия Самарского научного центра РАН*. – 2023. – Т.25. – № 1. – С.23–27.
4. Мамонов, В.И. Некоторые аспекты концепции быстрореагирующего производства / В.И. Мамонов, В.А. Полуэктов, Е.М. Якутин // *Сибирская финансовая школа*. – 2014. – № 5(106). – С. 49–52.
5. Пономарева, М.А. Система менеджмента качества на предприятии – эффективное управление затратами / М.А. Пономарева // *Самоуправление*. – 2020. – № 3(120). – С. 353–357.
6. Попова, Д.Д. Исследование влияния параметров сеточной модели и модели турбулентности на качество моделирования аэродинамических процессов в области радиального зазора рабочих лопаток турбины / Д.Д. Попова, Д.А. Попов, Н.А. Самойленко // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника*. – 2021. – № 66. – С. 67–78.
7. Miller A., Miller M. Study of the problems of technological integration in the manufacturing

- industry in Russia // *Strategic Management*. 2019. Т. 24. Vol. 3. Pp. 33–42.
8. *Shinkevich A. I., Kudryavtseva S. S., Ershova I. G.* Modelling of Energy Efficiency Factors of Petrochemical Industry // *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2020. Vol.10(3). Pp. 465–470.
 9. *Лубнина, А. А.* Факторы и условия развития глобальной научно-технологической конвергенции крупнейших стран мира / А.А. Лубнина, Н.В. Барсегян, И.А. Зарайченко // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. – 2023. – № 4. – С.70 – 90.
 10. *Галимулина, Ф. Ф.* Цифровые инструменты управления промышленным предприятием в условиях укрепления технологического суверенитета / Ф.Ф. Галимулина // *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*. 2022. № 4(95). С. 65–72.
 11. *Володенков, С. В.* Цифровой суверенитет современного государства в условиях технологических трансформаций: содержание и особенности / С.В. Володенков, А.С. Воронов, Л.С. Леонтьева, М. Сухарева // *Полилог*. 2021. Т. 5. № 1. [Электронный ресурс]. – URL: <https://polylogos-journal.ru/s258770110014073-2-1/> (дата обращения: 08.06.2022).
 12. ГОСТ ISO 9001-2011 Группа Т59 Межгосударственный стандарт системы менеджмента качества / Москва: Стандартинформ, 2012. – 33с.
 13. *Дьякович, М. П.* Инженерное образование и развитие NBIC-конвергенции / М. П. Дьякович // *Современные технологии и научно-технический прогресс*. – 2019. – Т. 1. – С. 317–318.
 14. *Богомолова, Л.* ММИФ-2019: инженерное образование – ресурс технологического прорыва / Л. Богомолова // *Русский инженер*. – 2020. – № 1(66). – С. 9.
 15. *Вишневецкий, Ю. Р.* Инженерное образование и воспроизводство инженерных кадров: практика и актуальные проблемы / Ю.Р. Вишневецкий, Л.Н. Боронина, Л.Н. Банникова // *Инженерное образование*. – 2017. – № 21. – С. 18–24.
 16. *Xiang F., Cao J., Zuo Y., Duan X., Xie L., Zhou M.* A Novel Training Path to Promote the Ability of Mechanical Engineering Graduates to Practice and Innovate Using New Information Technologies // *Sustainability*. 2024. № 16. P. 364.
 17. *Набатников, Ю.Ф.* Импортозамещение в машиностроении / Ю.Ф. Набатников // *Бурение и нефть*. – 2018. – № 7–8. – С. 62–65.
 18. *Боровков, А.И.* Современное инженерное образование / А.И. Боровков, С.Ф. Бурдаков, О.И. Клявин, М.П. Мельникова, В.А. Пальмов, Е.Н. Сирина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 80 с.
 19. *Денисова, Я.В.* Способ организации сетевого обучения в интересах повышения качества подготовки студентов / Я.В. Денисова // *Перспективы науки*. – 2022. – № 7(154). – С. 135–138.
 20. *Кириченко, А.А.* Оценка качества обучения при профессиональной переподготовке и повышении квалификации / А.А. Кириченко, Я.В. Денисова, С.В. Артюхина // *Компетентность*. – 2023. – № 2. – С. 12–17.
 21. *Дранкова, Н.А.* Первичная адаптация персонала в рамках СМК с использованием цифровой платформы / Н.А. Дранкова, Я.В. Денисова // *Компетентность*. – 2023. – № 9–10. – С. 76–81.
 22. *Hazrat M. A., Hassan N.M.S., Chowdhury A. A., Rasul M. G., Taylor B. A.* Developing a Skilled Workforce for Future Industry Demand: The Potential of Digital Twin-Based Teaching and Learning Practices in Engineering Education // *Sustainability*. 2023. № 15. P. 16433.

MODELING OF FACTORS OF NETWORK INTERACTION BETWEEN ENGINEERING ENTERPRISES AND THE SCIENTIFIC SECTOR

© 2024 A.I. Shinkevich, Ya.V. Denisova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

The article is devoted to the importance and relevance of such an important trend in the interaction of machine-building enterprises as the growth of their complexity, which is caused by the growth of cooperative ties not only within the industry, but also in related, intersectoral areas, one of which is the environment of higher education institutions. The purpose of the study is to determine the factors influencing the effectiveness of interaction in the network of “university – enterprises of mechanical engineering” to ensure technological sovereignty. A model has been developed to ensure technological sovereignty in the machine-building industry in the “university-enterprises of mechanical engineering” network, consisting of six main stages, at each of which the enterprise interacts with a higher educational institution for the purpose of creating import-substituting machine-building products. The factors – intellectual, financial, and personnel – influencing the effectiveness of the network interaction of the university – enterprises of mechanical engineering to ensure technological sovereignty, which is defined as the effectiveness of innovative activities, since the production of import-substituting products is mostly new products, are identified. The predominant components of Education 4.0 are intelligent methods of engineering education, where qualified personnel are trained using digital learning tools. In the context of the development of technological sovereignty, universities must apply new teaching methods, innovative didactic and managerial tools, as well as an intelligent and sustainable infrastructure complemented by new ICTs to improve the processes of knowledge generation and information transfer. *Keywords:* quality management, networking, production process, technological sovereignty, machine building industry, process model, engineering personnel.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-2-70-79

EDN: TKXGAD

REFERENCES

1. Klejner, G.B. Sistemnaya paradigma i ekonomicheskaya politika / G.B. Klejner // Obshchestvennye nauki i sovremennost'. – 2007. – № 2. – S. 141–149.
2. Polyakov, V.A. Analiz tekhniko-ekonomicheskikh paradigmatekhnologicheskij ukklad\»i\»industriya\» / V.A. Polyakov, I.V. Fomicheva // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. – 2019. – № 1–1. – S. 30–38.
3. Shinkevich, A.I. Nekotorye aspekty obespecheniya tekhnologicheskogo suvereniteta nauchno-proizvodstvennogo predpriyatiya / A.I. Shinkevich, V.A. Shogenov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – 2023. – T.25. – № 1. – S.23–27.
4. Mamonov, V.I. Nekotorye aspekty koncepcii bystroreagiruyushchego proizvodstva / V.I. Mamonov, V.A. Poluektov, E.M. Yakutin // Sibirskaya finansovaya shkola. – 2014. – № 5(106). – S. 49–52.
5. Ponomareva, M.A. Sistema menedzhmenta kachestva na predpriyatii – effektivnoe upravlenie zatratami / M.A. Ponomareva // Samoupravlenie. – 2020. – № 3(120). – S. 353–357.
6. Popova, D.D. Issledovanie vliyaniya parametrov setochnoj modeli i modeli turbulentsnosti na kachestvo modelirovaniya aerodinamicheskikh processov v oblasti radial'nogo zazora rabochih lopatok turbiny / D.D. Popova, D.A. Popov, N.A. Samojlenko // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika. – 2021. – № 66. – S. 67–78.
7. Miller A., Miller M. Study of the problems of technological integration in the manufacturing industry in Russia // Strategic Management. 2019. T. 24. Vol. 3. Pp. 33–42.
8. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Ershova I.G. Modelling of Energy Efficiency Factors of Petrochemical Industry // International Journal of Energy Economics and Policy. 2020. Vol.10(3). Pp. 465–470.
9. Lubnina, A.A. Faktory i usloviya razvitiya global'noj nauchno-tekhnologicheskoy konvergencii krupnejshih stran mira / A.A. Lubnina, N.V. Barsegyan, I.A. Zarajchenko // Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve. – 2023. – № 4. – S.70 – 90.
10. Galimulina, F.F. Cifrovye instrumenty upravleniya promyshlennym predpriyatiem v usloviyah ukrepleniya tekhnologicheskogo suvereniteta / F.F. Galimulina // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava. 2022. № 4(95). S. 65–72.
11. Volodenkov, S.V. Cifrovoy suverenitet sovremennogo gosudarstva v usloviyah tekhnologicheskikh transformacii: sodержanie i osobennosti / S.V. Volodenkov, A.S. Voronov, L.S. Leont'eva, M. Suhareva // Polilog. 2021. T. 5. № 1. [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://polylogos-journal.ru/s258770110014073-2-1/> (data obrashcheniya: 08.06.2022).
12. GOST ISO 9001-2011 Gruppa T59 Mezhgosudarstvennyj standart sistemy menedzhmenta kachestva / Moskva: Standartinform, 2012. – 33s.
13. D'yakovich, M.P. Inzhenernoe obrazovanie i razvitie NBIC-konvergencii / M.P. D'yakovich // Sovremennye tekhnologii i nauchno-tekhnicheskij progress. – 2019. – T. 1. – S. 317–318.
14. Bogomolova, L. MMIF-2019: inzhenernoe obrazovanie – resurs tekhnologicheskogo proryva / L. Bogomolova // Russkij inzhener. – 2020. – № 1(66). – S. 9.
15. Vishnevskij, Yu.R. Inzhenernoe obrazovanie i vosproizvodstvo inzhenernyh kadrov: praktika i aktual'nye problemy / Yu.R. Vishnevskij, L.N. Boronina, L.N. Bannikova // Inzhenernoe obrazovanie. – 2017. – № 21. – S. 18–24.
16. Xiang F., Cao J., Zuo Y., Duan X., Xie L., Zhou M. A Novel Training Path to Promote the Ability of Mechanical Engineering Graduates to Practice and Innovate Using New Information Technologies // Sustainability. 2024. № 16. R. 364.
17. Nabatnikov, Yu.F. Importozameshchenie v mashinostroyeniye / Yu.F. Nabatnikov // Burenie i neft. – 2018. – № 7–8. – S. 62–65.
18. Borovkov, A.I. Sovremennoe inzhenernoe obrazovanie / A.I. Borovkov, S.F. Burdakov, O.I. Klyavin, M.P. Mel'nikova, V.A. Pal'mov, E.N. Silina. – SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2012. – 80 s.
19. Denisova, Ya.V. Sposob organizacii setevogo obucheniya v interesah povysheniya kachestva podgotovki studentov / Ya.V. Denisova // Perspektivy nauki. – 2022. – № 7(154). – S. 135–138.
20. Kirichenko, A.A. Ocenka kachestva obucheniya pri professional'noj perepodgotovke i povyshenii kvalifikacii / A.A. Kirichenko, Ya.V. Denisova, S.V. Artyuhina // Kompetentnost'. – 2023. – № 2. – S. 12–17.
21. Drankova, N.A. Pervichnaya adaptaciya personala v ramkah SMK s ispol'zovaniem cifrovoy platformy / N.A. Drankova, Ya.V. Denisova // Kompetentnost'. – 2023. – № 9–10. – S. 76–81.
22. Hazrat M.A., Hassan N.M.S., Chowdhury A.A., Rasul M.G., Taylor B.A. Developing a Skilled Workforce for Future Industry Demand: The Potential of Digital Twin-Based Teaching and Learning Practices in Engineering Education // Sustainability. 2023. № 15. R. 16433.

Aleksey Shinkevich, Doctor of Technical Sciences, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Logistics and Management. E-mail: ShinkevichAI@corp.knrtu.ru
 Yana Denisova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Analytical Chemistry, Certification and Quality Management. E-mail: denisova.ya.v@yandex.ru