

УДК 658.5:006.06

**Ю.А. Анищенко, О.В. Жемчугова, К.Ф. Золотарёва, Е.В. Трошкова**

ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, email: troshkovaev@sibsau.ru

## **РАЗВИТИЕ БЕРЕЖЛИВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭПОХУ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ КАСКАДИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН**

**Ключевые слова:** AnyLogic, бережливое производство, заинтересованные стороны, имитационное моделирование, каскадирование, профессиональные компетенции, требования, факторы среды.

Рассмотрены факторы внешней среды, влияющие на формирование приоритетных направлений научно-технологического развития региона. Разработана модель формирования образовательного модуля на основе каскадирования требований заинтересованных сторон. На основе требований регионального рынка труда, работодателей-партнеров и трудовых функций профессиональных стандартов сформированы профессиональные компетенции. Разработан и апробирован модуль (дисциплина) передовой программы инженерного образования.

**Yu.A. Anishchenko, O.V. Zhemchugova, K.F. Zolotareva, E.V. Troshkova**

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk,  
email: troshkovaev@sibsau.ru

## **DEVELOPMENT OF LEAN TECHNOLOGIES IN THE AGE OF DIGITAL PRODUCTION BASED ON CASCADING STAKEHOLDER REQUIREMENTS**

**Keywords:** AnyLogic, lean manufacturing, stakeholders, simulation modeling, cascading, professional competencies, requirements, environmental factors.

The factors of the external environment influencing the formation of priority directions of scientific and technological development of the region are considered. A model for the formation of an educational module based on cascading stakeholder requirements has been developed. Based on the requirements of the regional labor market, partner employers and labor functions of professional standards, professional competencies have been formed. A module (discipline) of an advanced engineering education program has been developed and tested.

Многозадачность современного мира и ограниченность ресурсов диктуют требования к применению бережливых и цифровых технологий в деятельности предприятия. В современных экономических условиях, когда предприятия вынуждены упрощать организационную структуру, оптимизировать процессы, уменьшать затраты, поддерживать и внедрять инновационные проекты, устранять потери для сокращения расходов и повышения потребительской ценности на промышленном рынке актуальным становятся компетенции бережливого производства. Бережливое производство является не просто технологией, а целой управленческой системой с максимальной ориентацией производства на рынок и вовлеченность всего персонала предприятия в улучшения процессов.

Цифровая трансформация в России признана национальной целью в 2020 году и связана с процессом изменения бизнес-моделей, организационных процессов, технологий и культуры предприятий в результате широкого использования цифровых технологий. Этот тренд распространяется с каждым годом все больше среди предприятий разной отраслевой направленности. Цифровые технологии и методы моделирования становятся эффективным средством поддержки принятия решений. В сочетании с современным технологическим прорывом эти основы создают возможности построения моделей, ограниченные лишь задачами исследователя.

Рынок труда и потенциальные работодатели предъявляют повышенные требования к практическим навыкам и специфическим знаниям выпускников

вуза в конкретной производственной сфере. Понимание и осознание важности поступательного движения предприятия по пути бережливого производства на основе применения имитационного моделирования является актуальным для всех направлений подготовки инженерного образования. Работодатели хотят видеть подготовленных специалистов, которые уже получили необходимые навыки, отличные от традиционных принципов производства и хозяйствования, когда предъявляются высокие требования к точности и оперативности получения управленческой информации и гибкости производственных процессов.

Образовательная среда для поддержания своей конкурентоспособности должна быть быстро реагирующей в части содержания образовательных программ. Предложенная модель формирования образовательного модуля является механизмом обеспечения выполнения требований заинтересованных сторон.

### **Цель исследования**

Целью исследования является обоснование развития бережливых технологий в эпоху цифрового производства на основе каскадирования требований заинтересованных сторон.

Задачи:

1. Изучить факторы внешней среды для формирования приоритетных направлений развития региона.
2. Разработать модель формирования образовательного модуля на основе каскадирования требований заинтересованных сторон.
3. Провести анализ востребованности инженерных компетенций на региональном рынке труда.
4. Сформировать профессиональные компетенции с учетом регионального запроса со стороны рынка труда.
5. Разработать тематический план по реализации профессиональных компетенций.
6. Провести апробацию применения бережливых технологий и инструментов имитационного моделирования в рамках образовательного проекта.

### **Материал и методы исследования**

С помощью системного анализа были рассмотрены факторы внешней среды,

влияющие на формирования приоритетных направлений развития региона. На основе процессного подхода и графического мышления была разработана квалиграмма «Модель формирования образовательного модуля на основе каскадирования требований заинтересованных сторон», которая определила порядок действий участников и их последовательность и информацию на входе и выходе каждого действия. Проведен контекстный анализ востребованности инженерных компетенций на региональном рынке труда. Методом мозгового штурма и экспертного анализа со стороны работодателей-партнеров сформирована профессиональная компетенция. Логический анализ и экспертное ранжирование определили структурно-функциональные связи и зависимости при разработке тематического плана образовательной программы. Посредством имитационного моделирования была проведена апробация применения бережливых технологий в рамках образовательного проекта.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Авторами разработана модель формирования образовательного модуля, обеспечивающая тесное взаимодействие образовательной организации и реального сектора экономики. Результатом является разработанный на основе многофакторного анализа и каскадирования требований заинтересованных сторон образовательный модуль «Бережливые технологии в развитии производственных систем», который интегрирует в себе бережливые и цифровые компетенции. Реализация модуля обеспечивает осознанное приобретение студентами востребованных работодателями компетенций, которые необходимы для осуществления успешной профессиональной деятельности в современном мире (рис. 1).

Модель формирования образовательного модуля состоит из цепочки взаимосвязанных процессов: стратегическое планирование; планирование и проведение конкурсных процедур; формирование требований к компетентности выпускника (прогнозирование спроса); оценка возможностей выполнимости требований (прогнозирование предло-

жения); подготовка заявки для участия в конкурсе; оценка заявки; проектирование и разработка образовательного модуля; реализация образовательного модуля; оценка соответствия образовательного модуля; улучшение образовательного модуля (рис. 1).

На этапе стратегического планирования высшее руководство рассматривает взаимовлияние факторов внешней среды (технологическое развитие, социально-экономическое развитие и состояние окружающей (природной) среды) и формирует стратегические цели и показатели для измерения результатов развития образовательной организации в части разработки и реализации образовательных модулей, оцениваются риски их недостижения.

В части технологического развития высшее руководство изучает как существующие, так и формирующиеся технологические разработки, которые могут оказывать значительное воздействие на деятельность организации в процессах, связанных с предоставлением продукции и услуг, на маркетинг, конкурентное преимущество, адаптивность и взаимосвязи с заинтересованным и сторонами. Научно-технологическое развитие – это качественные изменения в технологическом базисе экономики, приводящие к экономическому росту, путем развития фундаментальной и прикладной науки, технологий, производства инновационной продукции, за счет использования существующего научно-технологического потенциала [1]. По мнению Г. П. Белякова и Н. А. Багдасарян «научно-технологическое развитие региона – процесс технологических изменений в социально-экономической системе региона на основе формирования условий для развития науки и образования, создания и использования в производственной деятельности хозяйствующих субъектов, расположенных на территории региона, прогрессивных технологий, обеспечивающих производство конкурентоспособной инновационной продукции (услуг), рациональное природопользование и сохранение окружающей среды, экономический рост и повышение качества жизни населения региона» [2].

В 2022 году по поручению Президента Российской Федерации В.В. Пу-

тина был сформирован национальный рейтинг научно-технологического развития регионов. Над методикой рейтинга работали Минобрнауки совместно с комиссией Госсовета по направлению «Наука», Минэкономразвития, Росстатом, Роспатентом и другими заинтересованными ведомствами. «Главная цель Национального рейтинга – стимулировать регионы изменять подходы к формированию научно-технологической среды, используя его интегральные показатели. Согласно национальному рейтингу в 2022 году лидерами научно-технологического развития стали Москва, Санкт-Петербург и Республика Татарстан, а Красноярский край располагается в рейтинге на 22 месте [3].

В современных условиях, когда научно-технологическое развитие превратилось в ключевой фактор экономического роста страны, роль государства в этом процессе должна усиливаться, что и происходит практически во всех развитых индустриальных странах. В соответствии с этим 1 декабря 2016 года Указом Президента №642 была утверждена Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2035 года и распоряжением Правительства Российской Федерации от 20.05.2023 №1315 – р была утверждена Концепция технологического развития на период до 2030 года [4]. В стратегии сформулированы большие вызовы для общества, государства и науки, которые являются стратегическими ориентирами и возможностями научно-технологического развития России, определены основные направления и меры реализации государственной политики в области научно-технологического развития. В пункте 20 Стратегии НТР конкретизированы те достижения, на которое должны быть направлены вновь сформулированные приоритеты. Особо внимание уделено следующему приоритету: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта [4].

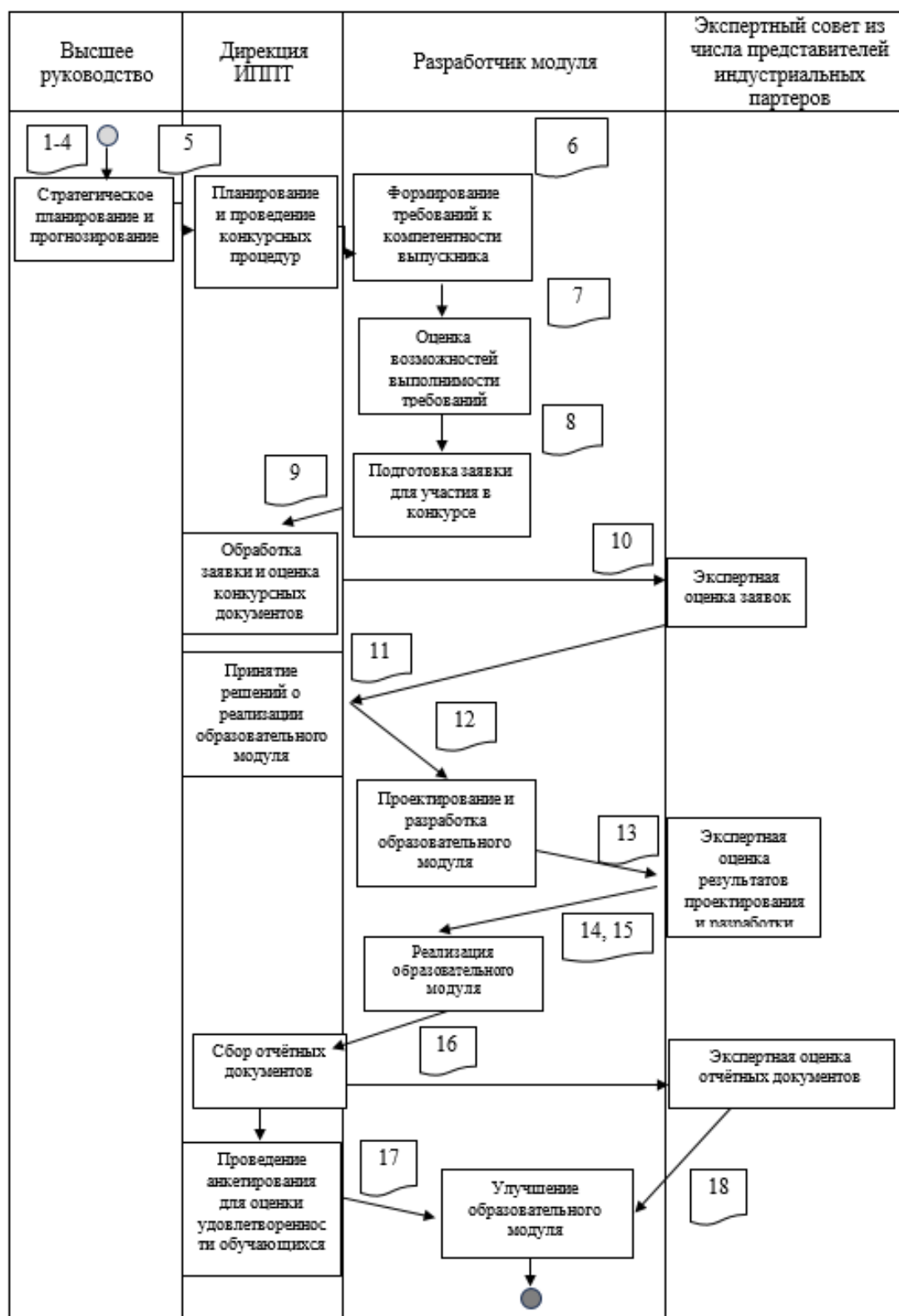


Рис. 1. Модель формирования образовательного модуля на основе каскадирования требований заинтересованных сторон

ЛЕГЕНДА:

1. Стратегия развития РФ и региона (Приоритет 2030).
2. Национальные программы развития.
3. Факторы внешней среды.
4. Требования к процессу.
5. Приказ высшего руководства о проведении конкурса на обучение по модулям (дисциплинам) передовых программ инженерного образования.
6. Положением «О конкурсе на разработку модулей (дисциплин) передовых программ инженерного образования».
7. Требований к компетентности выпускника.
8. Обоснование необходимых ресурсов.
9. Заявка на участие в конкурсной процедуре
10. Отчет об участниках с ранжированным списком.
11. Отчет экспертной оценки заявок.
12. Приказ о реализации образовательных модулей (дисциплин) передовых программ инженерного образования».
13. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины (ЭУМКД).
14. Протокол заседания Экспертного совета о рекомендациях образовательных модулей (дисциплин) передовых программ инженерного образования» для реализации.
15. Приказ высшего руководства о реализации модулей (дисциплин) передовых программ инженерного образования.
16. Отчетные документы по реализации модуля (дисциплин) передовых программ инженерного образования (рабочие тетради обучающихся, журнал преподавателя, оценочная ведомость).
17. Анкета обратной связи.
18. Заключение Экспертного совета с рекомендациями по улучшению.

В рамках стратегии НТР была разработана программа «Приоритет -2030», которая будет способствовать концентрации ресурсов для обеспечения вклада российских университетов в достижение национальных целей развития Российской Федерации. Целью программы является формирование на территории Российской Федерации более 100 прогрессивных современных университетов – центров научно-технологического и социально-экономического развития страны [5].

В части социально-экономического развития высшее руководство изучает рыночную среду, уровень развития общества и экономики, которые помогают оценить состояние и динамику различных сфер жизни страны, таких как

экономика, образование, здравоохранение, социальная сфера и другие. Особое значение в определении уровня социально-экономического развития согласно утвержденной Стратегии социально-экономического развития Красноярского края уделяется направлению подготовки кадров для обеспечения экономических запросов региона [6]. В настоящее время видно, что рынок труда разнообразен, предприятиям требуются специалисты, обладающие различными компетенциями, уровнями знаний, личными качествами и т.д. В ходе анализа различных сайтов с вакансиями и опросов предприятий была установлена востребованность применения компетенций в сфере бережливых технологий и имитационного моделирования, а именно: в про-



цессах производства, обработки, транспортировки и сборки (33,7%); связи, управлении и геоматике (совокупность применения информационных технологий для обработки данных) (21,3%); процессах проектирования и инжиниринга (14,3%) процессах автоматизации управления производством (11,5%); процессах по автоматизированной идентификации, управлению и контролю (8,4%); передовых методов организации и управления производством (5,6%); технологиях промышленных вычислений и больших данных (3,5%); «зеленых» технологиях (1,7%). Полученные данные подтверждают высокую потребность инженерных кадров на региональном рынке труда, а именно специалистов в сфере информационных технологий.

В части анализа и оценки состояния окружающей (природной) среды высшее руководство обеспечивает демонстрацию своей ответственности перед обществом по формированию ESG-политики и соответствующих действий в отношении природных ресурсов и окружающей среды, направленных на определение, получение, поддержание, защиту и использование таких важнейших ресурсов, как вода, почва, энергия и сырье [7].

Сибирский государственный университет науки и технологий имени М.Ф. Решетнёва принимает активное участие в программе стратегического академического лидерства «Приоритет -2030» и в качестве приоритетных направлений формирования цифровых компетенций выделяет следующие направления:

- разработка компьютерных интегрированных производственных систем в области автоматизации производственных процессов, связанных с интеграцией гибкого и облачного производства;
- моделирование производственных процессов и формирования шаблонов управляющих программ для роботизированного оборудования [8].

В соответствии с программой «Приоритет -2030» в СибГУ имени М.Ф. Решетнева был создан Институт передовых производственных технологий. Основная цель Института передовых производственных технологий (ИППТ) – это осуществление подготовки кадров по передовым программам инженерного образования для передовых технологи-

ческих решений, обеспечивающих их широкое применение в аэрокосмической и иных отраслях промышленности. В рамках данного института ежегодно проводится конкурс, основной целью которого является обеспечить объективный отбор актуальных моделей (дисциплин) передовых программ инженерного образования для формирования новых или углубления имеющихся профессиональных компетенций. Конкурс состоит из двух этапов. На первом этапе проводится сбор заявок на разработку модулей (дисциплин) передовых программ инженерного образования, их экспертная оценка и отбор модулей дисциплин, подлежащих разработке. На втором этапе происходит разработка модулей (дисциплин) и представление на рассмотрение Экспертного совета ИППТ для оценки полноты и качества выполненной работы, возможности использования разработанного модуля (дисциплины) в образовательном процессе. Следует отметить, что отбор участников передовых программ инженерного образования также осуществляется на конкурсной основе.

Проектирование и разработка образовательного модуля осуществлялось на основе сформированного запроса регионального рынка труда и работодателей-партнеров, а также анализа профессиональных стандартов. Целью данного модуля (дисциплины) передовой программы инженерного образования является формирование способности обучающихся анализировать проблемы производственной системы, вырабатывать и реализовывать управленческие решения по оптимизации и повышению эффективности производственных процессов на основе применения бережливых технологий.

Модуль посредством имитации основных и вспомогательных процессов производства и с использованием активных и интерактивных методов обучения формирует:

- бережливое мышление по управлению эффективностью производственной системы на основе применения национальных стандартов в области бережливого производства;
- способность к систематизированному поиску решений проблемных

ситуаций, в том числе с применением цифровых технологий.

Был проведен анализ профессиональных стандартов и их трудовых функций:

- 28.006 Профессиональный стандарт «Специалист по оптимизации производственных процессов в тяжелом машиностроении» А/01.6; А/02.6; А/03.6; А/04.6;

- 28.007 Профессиональный стандарт «Специалист по оптимизации производственных процессов в станкостроении» А/01.6; А/02.6; А/03.6;

- 25.061 Профессиональный стандарт «Специалист по организации и оперативному управлению производством в ракетно-космической промышленности» В/01.6; В/02.6; В/03.6; В/04.6;

- 06.015 Профессиональный стандарт «Специалист по информационным системам» С/04.6; С/08.6; С/12.6; С/27.6;

- 40.090 Профессиональный стандарт «Специалист по качеству механосборочного производства» В/01.6; В/02.6;

- 40.006 Профессиональный стандарт «Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем» В/01.7; В/02.7; В/03.7;

- 40.008 Профессиональный стандарт «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», В/02.6; В/03.6;

- 40.018 Профессиональный стандарт. Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства изделий с наноструктурированными керамическими покрытиями», В/01.7; В/03.7; В/04.7;

- 40.058 Профессиональный стандарт «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», В/02.6; С/02.6; С/03.6.

На основе проведенного анализа авторами сформулированы профессиональные компетенции (ПК1–ПК4), которые позволят обучающимся анализировать проблемы производственной системы, вырабатывать и реализовывать управленческие решения по оптимизации и повышению эффективности производственных процессов на основе применения бережливых технологий:

ПК 1 – Обосновывает подходы к развитию производственной системы на ос-

нове бережливых технологий с учетом характера исходной информации, используемых информационных технологий и требований заинтересованных сторон.

ПК 2 – Анализирует и оценивает текущее состояние процессов производственной системы.

ПК 3 – Разрабатывает проект на основе бережливых технологий для повышения эффективности и оптимизации процессов производственной системы.

ПК 4 – Осуществляет контроль проектов на основе бережливых технологий по оптимизации процессов производственной системы.

Далее авторами был разработан тематический план, который состоит из трех разделов и включает лекционные, практические занятия и самостоятельную работу:

Раздел I. Теория внедрения культуры бережливого производства;

Раздел II. Анализ текущего состояния производственной системы, и оценка зрелости процессов;

Раздел III. Практика внедрения бережливого управления в производственную систему.

Особое внимание при освоении профессиональных компетенций уделяется групповой работе в рамках практических занятий. Практические занятия проводятся в компьютерных классах с применением программного продукта, связанного с имитационным моделированием Anylogic. Данная программа позволяет проектировать производственные процессы, строить технологические цепочки, оценивать их результативность, анализировать потери и определять зоны, требующие улучшений.

Результатом реализации модуля (дисциплины) передовой программы инженерного образования стала организация проектного обучения, в рамках которого была создана Промышленная модель (дискретно-событийная имитационная модель процессов производства и логистики). Под промышленной моделью понимается производственная система, состоящая из элементов, имеющих характеристики состояния, поведения и идентификации. Промышленная модель является инструментом для описания и представления предприятия

в контексте конкретной цели. Модель разработана для анализа, инжиниринга и менеджмента предприятия. С помощью статистических методов управления качеством и функционала AnyLogic проведена диагностика созданной промышленной модели, идентифицированы зоны, требующие улучшения, проведен их анализ и систематизация. Предложены надстройки модели, позволяющие улучшить процессы производства, сборки и логистики. Проведена идентификация и оценка рисков в процессе создания промышленной модели. Разработан Паспорт бережливого проекта для совершенствования функционирования промышленной модели.

### Выводы

В ходе исследования авторами были изучены факторы внешней среды, которые легли в основу формирования приоритетных направлений развития региона. Разработана модель формирования образовательного модуля на основе каскадирования требований заинтересованных сторон, в которой отражена последовательность этапов, установлена взаимосвязь участников процесса, а также свидетельства документационного

обеспечения между операциями. Проведен анализ востребованности инженерных компетенций на региональном рынке труда и сформированы профессиональные компетенции с учетом профессиональных стандартов и их трудовых функций. Разработан тематический план по реализации профессиональных компетенций, который способствует формированию у обучающихся способности к анализу проблем производственной системы, разработке и реализации управленческих решений по оптимизации и повышению эффективности производственных процессов на основе применения бережливых технологий. Проведена апробация применения бережливых технологий и инструментов имитационного моделирования. Ценность от реализации модуля заключается в практико-ориентированном обучении; системном понимании структуры процессов предприятия; использовании динамических моделей на базе цифровой платформы AnyLogic; развитии softskills компетенций и формировании способности мыслить критически; апробации теоретических знаний в рамках научных исследований и практических разработок.

### Библиографический список

1. Карсунцева О.В. Основные понятия и экономическая сущность научно-технологического развития // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2023. № 12. С. 77-82.
2. Беляков Г.П. Научно-технологическое развитие региона как объект стратегического планирования // Фундаментальные исследования. 2021. № 12. С. 60-67.
3. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/novosti-ministerstva/61045/> (дата обращения: 10.06.2024).
4. Российская Федерация. Распоряжение. Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 г.: Распоряжение Правительства Российской Федерации №1315-р: [принят Правительством Российской Федерации 20 мая 2023 года]. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406831204/?ysclid=lxajlz2iii920737748> (дата обращения: 15.06.2024).
5. Приоритет – 2030: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://priority2030.ru/?ysclid=lxajvsw7r267991856> (дата обращения: 15.06.2024).
6. Правительство Красноярского края. Постановление. Об утверждении стратегии социально-экономического развития Красноярского края: Постановление Правительства Красноярского края №647-п: [принят Правительством Красноярского края 30 октября 2018 года]. [Электронный ресурс]. URL: [http://econ.krskstate.ru/dat/bin/art\\_attach/11637\\_647\\_p.pdf](http://econ.krskstate.ru/dat/bin/art_attach/11637_647_p.pdf) (дата обращения: 15.06.2024).
7. Устойчивое развитие: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.esg-a.ru/ru/sustainable-development> (дата обращения: 16.06.2024).
8. Программа развития университета на 2021–2030 годов в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» Сибирского государственного университета науки и технологии имени М.Ф. Решетнева. [Электронный ресурс]. URL: <https://cloud.sibsau.ru/s/ry7TXwDRkE2zen3> (дата обращения: 10.06.2024).