

Модели для управления инновационной деятельностью промышленного предприятия

Источником развития всех сфер жизнедеятельности во все времена являлись инновации. В настоящее время на управление любой организацией оказывает огромное влияние активное развитие инновационные технологий третьей и четвертой промышленных революций. При этом инновационные технологии могут оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие. Поэтому при управлении инновационной деятельностью предприятия повышаются требования к тщательности их анализа. Необходимо принимать решения о целесообразности выбора инноваций для конкретного предприятия (организации) с учетом полезности и последствий внедрения, выбирать такие модели, которые позволяют учесть особенности конкретной ситуации, характер нововведений, их соответствия профилю, ресурсному и научно-техническому потенциалу предприятия, требованиям рынка, стадиям жизненного цикла технологии производства продукции, особенностям отраслевой принадлежности предприятия.

В работе поставлена цель обоснования моделей для управления инновационной деятельностью промышленного предприятия. Для реализации цели вначале проводится краткий анализ современных технологических инноваций, рекомендуемых в работах Дж. Рифкина [19, 20], К. Шваба [24] и в «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации

на 2017–2030 годы». На основе этого анализа отбираются инновации, которые могут быть использованы для развития конкретного предприятия, а затем предлагаются модели для более тщательной оценки и выбора инноваций.

В статье проводится краткий анализ технологических инноваций третьей и четвертой промышленных революций и предлагаются модели для сравнительного анализа и выбора инноваций.

При разработке моделей анализа и выборе инновационных технологий для конкретных предприятий и организаций предлагается использовать методы системного анализа, объединяемые на основе подхода, основанного на пошаговом ограничении области допустимых решений и постепенной формализации модели выбора инноваций.

Проведенный анализ инновационных технологий и предлагаемые модели полезны для учебного процесса вуза. Исследование проведено на примере судостроительного предприятия АО «Адмиралтейские верфи».

Ключевые слова: инновации, инновационные технологии, методы организации сложных экспертиз, модель, постепенная формализация, промышленные революции, промышленное предприятие, теория систем, технологии, технологические уклады

Violetta N. Volkova, Arina S. Kudriavtceva

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

Models for management of innovative activities on industrial enterprise

Innovations were the source of development of all spheres of life activities at all times. At present, the management of any organization is greatly influenced by the active development of innovative technologies of the third and fourth industrial revolutions. At the same time, innovative technologies can have both positive and negative effects. Therefore, when managing innovation activities of an enterprise, the requirements for thoroughness of their analysis are increased. It is necessary to make decisions about the expediency of choosing innovations for a particular enterprise (organization), taking into account the utility and consequences of implementation, to choose models that allow to take into account the specifics of a particular situation, the nature of innovations, their correspondence to the profile, resource and scientific and technical potential of the enterprise, market requirements, stages of the life cycle of the production technology, industries of the enterprise.

The paper aims to substantiation of the models for management of innovative activity of the industrial enterprise.

To realize the goal, a short analysis of modern technological innovations is carried out, recommended in the works of J. Rifkin [19, 20], K. Schwab [24] and the “Strategy of the Information Society Development in the Russian Federation for 2017–2030”. Based on

this analysis, innovations are selected that can be used to develop a particular enterprise, and then models are proposed for more thorough evaluation and selection of innovations.

The article briefly analyzes the technological innovations of the third and fourth industrial revolutions and suggests models for comparative analysis and selection of innovations.

When developing models of analysis and selecting innovative technologies for specific enterprises and organizations, it is proposed to use methods of system analysis that are combined on the basis of an approach based on a step-by-step limitation of the domain of acceptable solutions and a gradual formalization of the model for selecting innovations.

The analysis of innovative technologies and the proposed models are useful for the educational process of the university. The research was carried out on the example of the shipbuilding enterprise of Joint-Stock Company “Admiralteyskie Verfi”.

Keywords: innovations, innovative technologies, methods of organizing complex expert evaluations, model, gradual formalization, industrial revolutions, industrial enterprise, theory of systems, technologies, technological ways

Введение. Анализ развития инновационных технологий

На определенном этапе развития научного знания стали возникать теории, осмысливающие и упорядочивающие инновационные технологии. Основоположником концепции инноваций считают австрийского экономиста **Й. Шумпетера** [25], который в работе «Теория экономического развития» (1911 г.) ввел термин «*novation*» от лат. «*novatio*» как экономическую категорию. В то же время в ряде работ признано, что основы теории инноваций заложены российским ученым **Н.Д. Кондратьевым** [12], который предложил теорию экономических циклов (волн), связал волны инноваций с переходом к новому циклу развития общества на основе технологических изобретений и открытий.

В период косыгинских реформ в 1970-е гг. в нашей стране применялись концепции и термины: *научно-техническая революция* (НТР), *научно-технический прогресс* (НТП), а в 1980-е гг. — термины «интенсификация» промышленности и «инновации» или «нововведения».

В настоящее время наиболее распространенными являются три концепции упорядочения современных технологий: концепция трех волн **Э. Тоффлера** (первая волна — *аграрное общество*, вторая — *индустриальное общество*, третья — *информационное* (или *постиндустриальное, инновационное*) общество [21]; концепция технологических укладов **Д.С. Львова** и **С.Ю. Глазьева** [13]; концепция промышленных революций, которая развивалась постепенно разными авторами.

Первая промышленная революция (кон. XVIII — нач. XIX вв.) связана с появлением механических устройств, парового двигателя. В 1784 г. английский механик **Джеймс Уатт**

получил патент на центробежный регулятор скорости паровой машины. В 1804–1808 гг. во Франции **Жозефом-Мари Жаккард** разработал и применил первое программное устройство управления ткацким станком с помощью перфокарт. Эти работы инициировали развитие текстильной промышленности, изобретение паровоза, железных дорог, металлургии.

Вторая промышленная революция (2-я пол. XIX в. — нач. XX в.) характеризуется распространением электрической энергии, сталелитейной промышленности, конвейерного производства. Начиная со второй промышленной революции инновации стали исходить не только в сфере производства, но и в сфере организационного управления.

Наиболее принципиальные изменения становятся ощутимыми при использовании технологических инноваций третьей и четвертой промышленных революций.

Третья промышленная революция была инициирована работами **Джеремии Рифкина**, который в первых своих публикациях [19] высказал идею о целесообразности создания водородных топливных источников энергии и развития «умных» энергетических сетей (smart grid). Затем 14 мая 2007 г. Европарламент одобрил декларацию о третьей промышленной революции (Written Declaration pursuant to Rule 116 of the Rules of Procedure on establishing a green hydrogen economy and a third industrial revolution in Europe through a partnership with committed regions and cities, SMEs and civil society organisations, European Parliament 0016/2007). Однако термин «третья промышленная революция» стал активно распространяться только после публикации в 2014 г. книги Дж. Рифкина с таким названием. [20]

В соответствии с его кон-

цепцией основными технологиями третьей промышленной революции являются: возобновляемые источники энергии (солнечная, ветряная, гидро, геотермальная, океанических волн, биотоплива и др.), распределённая энергетика на основе технологии smart-grid, электромобили, 3D-принтеры, цифровые технологии, интернет вещей.

Концепция третьей промышленной революции развивается **К. Андерсоном** [1], **П. Маршем** [14], **С.С. Губановым** [6].

Британско-американский предприниматель **Крис Андерсон** [1] включает в качестве главных новых технологий третьей промышленной революции — интернет, Wi-Fi, планшеты, смартфоны, развитие 3D-технологий и 3D-принтеров, прогнозирует, что в недалеком будущем каждый желающий сможет создать с помощью бесплатной дизайн-программы 3D-модель нужной вещи и «распечатать» её на домашнем 3D-принтере, т.е. перспективным является индивидуальное «производство воображения».

Концепция британского журналиста **Питера Марша** основана на том, что новая промышленная революция [14] связана с проблемой переноса производства в страны третьего мира, в результате чего в эти страны перемещаются и фундаментальные учёные, и знания. П. Марш считает, что необходимо возродить производство в развитых странах, сочетая дорогостоящее и дешёвое производства в рамках *гибридных стратегий*, и развивать «отраслевые ниши», производство в которых требует сложных технологий.

В концепции профессора МГУ **Сергея Сергеевича Губанова** [6], предлагается *неоиндустриальная парадигма*, рассматриваются причины кризиса в современной экономике России, выделяются факторы,

тормозящие переход к инновационному типу развития, обосновывается предложение о том, что дальнейший прогресс осуществим только на основе планового проведения новой индустриализации – технотронной, высокотехнологичной, цифровой.

Начало **четвертой промышленной революции** связывают со стратегической инициативой развития промышленности Германии «Платформа Индустрия 4.0» (Plattform Industrie 4.0), сформулированной в 2011 году, в соответствии с которой для крупной промышленности планируется широкое внедрение киберфизических систем (CPS).

Немецкий экономист; основатель и бессменный президент с 1971 г. Всемирного экономического форума в Давосе **Клаус Шваб**, ориентируясь на идеи Индустрии 4.0, предлагает рассматривать три блока инновационных технологий [24]: **физический блок** (беспилотные транспортные средства, 3D-печать, передовая робототехника, новые материалы); **цифровой блок**: (интернет вещей и его приложения, удаленный мониторинг, блокчейн, экономика по требованию и др.); **биологический блок** (управление генетикой человека, животных и растений. а также создание клеток взрослых организмов, включая людей; 3D-производство живых тканей – биопечать). В работе К. Шваба [24] представлен перечень технологий, полученный в результате опроса 800 руководителей высшего звена (отчёт «Глубинное изменение – технологические переломные моменты и социальное воздействие», Прогноз до 2015), который включает 23 технологии и анализ их положительных, отрицательных последствий и ближайших глубинных изменений в результате их внедрения. Прогнозируется появление полностью цифровой промышленности, основанной на взаимном про-

Инновации 3-й и 4-й промышленных революций

3-я промышленная революция	4-я промышленная революция	Стратегия развития РФ на 2017–2030 гг.
Возобновляемые источники энергии. Строительство зданий, которые сами генерируют энергию. Водородные и др. технологии по хранению энергии. Технология smart grid или энергетический интернет. Электрические, гибридные и другие транспортные средства. 3D-принтеры. Wi-Fi, планшеты, смартфоны Цифровые технологии. Интернет вещей. Гибридных стратегии	Имплантируемые технологии. Наше цифровое присутствие. Носимый интернет. Распределенные вычисления. Хранилище на всех. Интернет вещей и для вещей. Подключенный дом. Искусственный интеллект и принятие решений. ИИ и рабочие места для белых воротничков. Робототехника и сервисы. Bitcoin и цепочка блоков транзакций. 3D-печать и 3D-производство. Нейротехнологии	а) конвергенция сетей связи и создание сетей связи нового поколения; б) обработка больших объемов данных; в) искусственный интеллект; г) облачные и туманные вычисления; д) интернет вещей и индустриальный Интернет; е) робототехника и биотехнологии; ж) радиотехника и электронная компонентная база; з) информационная безопасность

никновении индустриальных и информационных технологий.

В **Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации** на 2017–2030 годы, утвержденной Указом Президента РФ от 9 мая 2017 года, в качестве основных предлагаются следующие технологии: а) конвергенция сетей связи и создание сетей связи нового поколения; б) обработка больших объемов данных; в) искусственный интеллект; г) доверенные технологии электронной идентификации и аутентификации, в том числе в кредитно-финансовой сфере; д) облачные технологии и туманные вычисления; е) интернет вещей и индустриальный интернет; ж) робототехника и биотехнологии; з) радиотехника и электронная компонентная база; и) информационная безопасность.

Основные технологические инновации, предлагаемые в рассмотренных концепциях, приведены в табл. 1.

Постоянно развиваются информационные технологии [9, 10], специфические технологии для соответствующих отраслей промышленности (например, [22, 23]).

Таким образом, инновационные технологии уже сейчас образуют достаточно обширное неупорядоченное пространство, которое к тому же непрерывно расширяется, и перед руководителями предприятий (организаций) возникает задача сравнительного анализа и выбора новых технологий с учетом их особенностей и возможностей. При этом следует иметь в виду, что большинство новых технологических инноваций не имеет предыстории развития и опыта применения формальных моделей для их оценки и выбора.

Постановка задачи выбора инноваций для развития предприятия

Выбор инноваций следует проводить с учетом их полезности для реализации целей организации.

Тогда формализованную постановку задачи можно представить следующим образом.

Дано:

$Z = \langle z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_m \rangle$ – совокупность, или структура, целей;

$INN = \langle inn_1, inn_2, \dots, inn_i, \dots, inn_m \rangle$ – множество инноваций (ИНН).

Требуется:

Определить взаимосвязи ИНН и целей и отобрать $\{inn_{oi}\}$, которые могут быть полезны для развития организации.

$$\langle z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_m \rangle \Psi \langle inn_1, inn_2, \dots, inn_i, \dots, inn_m \rangle,$$

где Ψ – сложный функционал, реализуемый в диалоговом режиме с применением моделей, алгоритмов и автоматизированных диалоговых процедур.

Разработать (выбрать) модели и автоматизированные процедуры для оценки отобранных инноваций $\{inn_{oi}\}$ и выбора наиболее полезных для развития данной организации.

Постановка задачи в такой форме является очень трудной, и имеет большую неопределенность. Поэтому для решения задачи предлагается применить одну из основных идей системного анализа – упрощение сложного путем постепенного сужения области допустимых решений.

Алгоритм сужения области допустимых решений приведен на рис. 1. Пример применения алгоритма – в разделе 4.

Для решения задачи вначале можно отобрать множество $INN = \langle INN_1, INN_2 \dots \rangle$, наиболее востребованных в производственном процессе конкретного предприятия. Для этого в автоматизированной процедуре можно построить структуру целей и функций предприятия, установить взаимосвязи ИНН с компонентами этой структуры, инвертировать структуру взаимосвязей относительно ИНН и получить косвенные количественные оценки (ККО) их востребованности.

Затем необходимо разработать модели, позволяющие получить более дифференцированные оценки ИНН, что делается на последующих этапах алгоритма, приведенного на рис. 1.

Необходимо выбрать и согласовать оценки разнород-

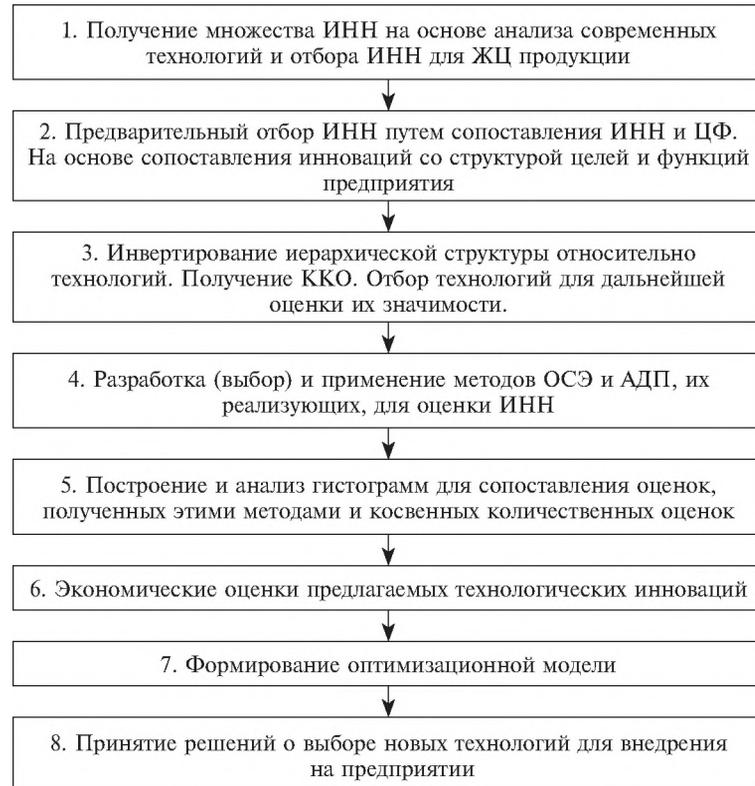


Рис. 1. Алгоритм постепенного сужения области допустимых решений

ных ИНН, большинство из которых являются принципиально новыми, не имеют предыстории развития. Получить оценки, необходимые для разработки единой формальной модели, сразу практически невозможно. Поэтому предлагается провести оценки ИНН с применением методов организации сложных экспертиз [3, 4, 15, 16].

Для выбора и разработки моделей в конкретных условиях проведем сравнительный анализ методов, которые являются наиболее предпочтительными для рассматриваемой задачи.

Сравнительный анализ методов

В табл. 2 приведен сравнительный анализ наиболее предпочтительных для рассматриваемой задачи методов: метода решающих матриц **Г. С. Поспелова** [17] и методов, основанных на информационном подходе **А. А. Денисова** [7]. Эти методы разработаны на

базе методов структуризации систем, т.е. на расчленении большой неопределенности на более обозримые. Оба представленных метода способствуют повышению достоверности и объективности анализа. Однако методы организации сложных экспертиз на основе применения информационных оценок **А.А. Денисова** имеют ряд преимуществ по сравнению с методом решающих матриц (табл. 2).

В отличие от метода решающих матриц информационные оценки обеспечивают более удобную обработку оценок, возможность сочетать вероятностные оценки с количественными детерминированными характеристиками, что способствует повышению объективности и достоверности оценок, и, кроме того, позволяет на основе изменения измеряемых детерминированных параметров получать динамику изменения степени влияния подцелей, факторов, средств на реализацию целей предприятия (организации).

Таблица 2

Сравнение методов

Информационные оценки А. А. Денисова	Метод решающих матриц	Преимущество метода А. А. Денисова
$H = -\sum_{i=1}^n q_i \log(1 - p_i')$ <p>где p_i' – вероятность достижения цели при использовании ИИН; q_i – вероятность реализации ИИН. Оцениваются p_i и q_i единичными экспертами</p>	$b_i = \sum_{j=1}^{na} p_{ij} a_j$ <p>Оцениваются a_j, p_{ij} для каждой компоненты вышележащего уровня</p>	При преобразовании оценки p_i в H_i вычисление обобщенной оценки получается простым суммированием. Обеспечивает возможность учета не только степени (вероятности) влияния p_i ИИН на реализацию целей, но и вероятности q_i реализации этого ИИН в конкретных условиях.
Используются одновременно вероятностные и детерминированные оценки Оценивается p_i $H_i = -\log(1 - p_i)$ $H = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n J_i^r}$ $J_i = \frac{A_i}{\Delta A_i}$	–	Позволяет организовать управление экспериментальным внедрением одновременно нескольких нововведений, оценивая изменения их вклада в реализацию целей во времени и с учетом динамики внедрения НВВ, хода развития проекта, при этом от эксперта требуется дать оценку степени целесообразности не на текущий момент, а прогнозную оценку p_{jk}' (что он может сделать более объективно)
$H_1 = f(H_{11}, H_{12}, H_{13}),$ $H_2 = f(H_{21}, H_{22}, H_{23}),$ $H_3 = f(H_{31}, H_{32}, H_{33})$	–	Позволяет уточнять оценки H_i на основе учета взаимного влияния оцениваемых компонент

зации сложных экспертиз методов для разработки моделей сравнительного анализа ИИН в конкретных условиях.

Выбор инноваций для предприятия судостроения

Для выбора инноваций для судостроительного предприятия использован сборник докладов 9-й международной конференции по судоходству и судостроению и развитию портов [22].

Изучив анализ инноваций, представленных в работах Д. Рифкина [19, 20], К. Шваба [24], международной конференцией по судоходству и судостроению [22] и др., учитывая экспертное мнение специалистов в области судостроения, можно составить список инноваций. Такой список для АО «Адмиралтейские верфи» приведен в табл. 3.

Для выбора инноваций для промышленного предприятия необходимо учитывать жизненный цикл (ЖЦ) производ-

При выборе метода следует также учитывать, что в моделях решающих матриц используются традиционные экспертные оценки, основанные на организации коллективной экспертизы и усреднении мнений экспертов, что может приводить к одному из недостатков коллективных оценок, которые нивелируют узкосубъективные черты оценок, но усиливают коллективно субъективные, а оценки p_i в моделях А.А. Денисова получают от единичных экспертов по каждому оцениваемому нововведению, которые предлагают его и лучше знают его возможности [3].

В то же время получить информационные оценки сложнее, чем ставшие более привычными оценки относительной значимости, используемыми в методе решающих матриц Г.С. Пospelova. Кроме того, метод решающих матриц был предложен раньше, чем модели, основанные на информационном подходе, и идея многоуровневых моделей с использованием информационных оценок базируется на

первоначальной идее многоуровневых решающих матриц.

Приведенный сравнительный анализ нужно учитывать при выборе методов органи-

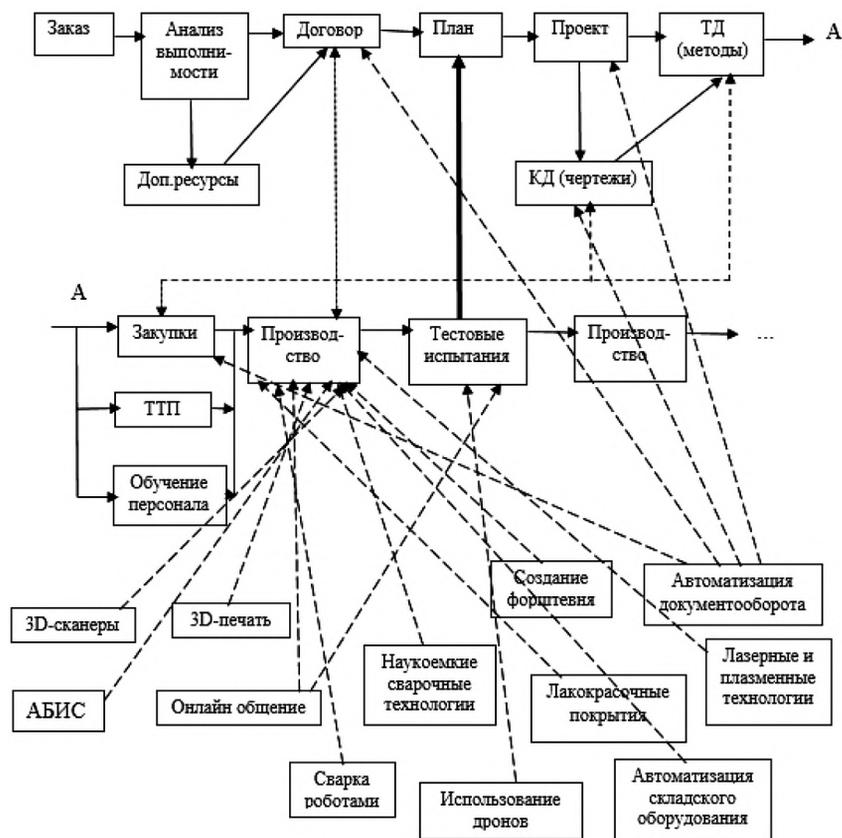


Рис. 2. Сопоставление инноваций и этапов производства

Инновации для судостроительной промышленности

№	Инновация	Результат
1.	Научные сварочные технологии	Введение такой инновации позволит повысить качество сварных соединений металлоконструкций при одновременном снижении энергоресурсов и расхода сварочных материалов.
2.	Автоматизированные бесконтактные измерительные системы	Благодаря этому пользователь получает возможность проводить межоперационный контроль высокоточных деталей, а также труднодоступных мест габаритных изделий.
3.	Лазерные и плазменные технологии	Повышается точность вырезки деталей. Затраты на резку деталей окупаются за счет исключения пригоночных работ при сборке конструкции корпусов судов.
4.	3D-сканеры	Трёхмерное сканирование и печать позволяют воспроизводить сложнейшие формы и объекты. Аддитивные технологии позволяют повысить прибыль производства посредством уменьшения расходов, ресурсов предприятия и себестоимости продукта. 3D-сканеры используются для решения задач контроля геометрии, эксплуатационного контроля и контроля оснастки. Методы 3D-сканирования применяются на этапах ремонта и модернизации судов, сборочных и сварочных работ, прокладки внутренних коммуникаций. Так как точность измерений точна, можно будет оптимизировать детали и конструкции судна, сократить сроки изготовления и повысить качество конечного продукта.
5.	3D-печать	Печать небольших деталей, выполнение ремонта деталей. Применить 3D технологии в проектировании, разработке и производстве винтовых установок.
6.	Автоматизация документооборота	Автоматизация нормативно-методических и нормативно-технологических документов, представление чертежей в электронном виде позволит сократить время на производство продукции.
7.	Автоматизация складского оборудования	Автоматизация хранения и поиска материалов, деталей, комплектующих изделий и т.п. позволит сократить время на производство продукции.
8.	Сварка роботами	Поточная сварочная линия повысит качество производства
9.	Лакокрасочные покрытия	Внедрение современных лакокрасочных покрытий повысит качество продукции.
10.	Использование дронов	Использование дронов при транспортировке деталей.
11.	Онлайн общение	Онлайн общение производственных участков и инженерным центром с камерами (поддержка видео).
12.	Создание форштевня	Создание форштевня особенной формы. Повышаются гидродинамические характеристики судна.
13.	Лазерные и плазменные технологии	Повышается точность вырезки деталей. Затраты на резку деталей окупаются за счет исключения пригоночных работ при сборке конструкции корпусов судов.
14.	Научные сварочные технологии	Повышение качества сварных соединений металлоконструкций при одновременном снижении энергоресурсов и расхода сварочных материалов.
15.	АБИС	Автоматизированные бесконтактные измерительные системы. Благодаря этому пользователь получает возможность проводить межоперационный контроль высокоточных деталей, а также труднодоступных мест габаритных изделий.

ства продукции. Упрощенно жизненный цикл производства представлен на рис. 2. Стрелками обозначено соотношение предлагаемых инноваций и этапов жизненного цикла производства. Как видно из рис. 2, все предлагаемые инновации относятся к сфере «производство».

Таким образом, инновационные технологии образуют достаточно большое неупорядоченное множество. При этом многие новые инновации не имеют предыстории развития. Поэтому для сравнительного анализа и выбора новых технологий с учетом их особенностей и возможностей был применен подход, основанный на постепенном уменьшении

множества инноваций, алгоритм реализации которого приведен на рис. 1.

В соответствии с этим подходом вначале отберем множество $INN = \langle INN_1, INN_2 \dots \rangle$, наиболее востребованных в производственном процессе предприятия.

Для этого с помощью автоматизированной процедуры следует инвертировать структуру взаимосвязей ИНН и этапов жизненного цикла технологии производства относительно ИНН и получить косвенные количественные оценки их востребованности.

В примере, приведенном на рис. 1, это – ИНН 3, 7, 8, которые могут быть полезны на нескольких этапах ЖЦ. В то же

время важно учесть, что большое число ИНН необходимы именно для производства, а значимость этого этапа ЖЦ больше, чем некоторых других этапов. Поэтому целесообразно разработать модели, учитывающие значимость этапов ЖЦ, позволяющие получить более дифференцированные оценки ИНН, что делается на последующих этапах алгоритма, приведенного на рис. 1.

При выборе разработке моделей сравнительного анализа ИНН в конкретные периоды развития предприятия следует учитывать сравнение методов, приведенное в табл. 1.

При применении методов, основанных на информационном подходе А.А. Денисова,

можно получить оценку степени целесообразности инноваций $H_i = -q \log(1 - p_i)$, и использовать эту оценку в целевой функции при разработке оптимизационной модели, учитывая соответствующие ограничения по затратам Z , материальным ресурсам M , времени T и др:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H_{ij} x_{ij} &\rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij} &\leq Z \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m_{ij} x_{ij} &\leq M \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij} x_{ij} &\leq T \\ x_{ij} &\geq 1, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m} \end{aligned}$$

Если оптимизационную модель обосновать не удастся, то оценки, полученные на основе методов организации сложных экспертиз, и экономические оценки представляются в виде гистограмм и принимаются решения на основе сопоставления оценок.

Применение для управления инновационной деятельностью предприятия закономерностей теории систем

При принятии решений о выборе инновационных технологий, следует также учитывать закономерности функционирования и развития систем.

Опираясь на основные идеи теории открытых систем, предложенной **Л. фон Берталанфи** [2], можно сделать вывод о том, что важно учитывать одну из основных особенностей открытых систем с активными элементами – наличие одновременно энтропийных и неэнтропийных процессов.

Энтропийные процессы являются следствием одного из основных законов физики – второго начала термодинамики, в соответствии с которым в системах неизменно наблюдаются стремление к увели-

чению энтропии, трактуемой как возрастание хаоса, неупорядоченности, и в конечном итоге – «смерти» системы. Для социально-экономических систем это трактуется как старение и разрушение системы. И это наблюдается на практике для «закранных», изолированных от среды организационных систем. Однако, наблюдая процессы в биологических системах, **Л. фон Берталанфи** предложил новую закономерность, которая в открытых системах с активными элементами противостоит второму закону термодинамики, которая кратко формулируется как «способность противостоять энтропийным (разрушающим систему) тенденциям и проявлять неэнтропийные тенденции».

Такие процессы наблюдаются на практике и в социально-экономических системах. Эта закономерность обусловлена наличием активных элементов, стимулирующих обмен материальными, энергетическими и информационными продуктами со средой и проявляющих собственные «инициативы», активное начало. Благодаря этому в таких системах нарушается закономерность возрастания энтропии и наблюдаются неэнтропийные тенденции, т.е. собственно самоорганизация, развитие.

В результате основой развития любой системы является, с одной стороны, открытость системы, «вызовы» среды, а, с другой стороны – активность собственных элементов системы, которая проявляется в изобретениях, инновациях и разработке прогнозов разного рода.

В то же время исследование проблем управления инновационной деятельностью показали, что инновации проявляют себя неоднозначно. С одной стороны существует представление об энтропии как о хаосе, мере неупорядоченности системы, а о неэнтропии

как мере упорядоченности. Но, с другой стороны, именно неэнтропийные тенденции, являющиеся основой развития, инноваций, дестабилизируют систему, вносят нестабильность, неупорядоченность (что согласуется с концепцией «креативного (созидательно-го) разрушения» по **Й. Шумпетеру** [25] и **В. Зомбарту** [8] и «подрывных инноваций» **К. Кристенсена** [11]. А энтропийные – напротив, стабилизируют состояние системы, поскольку минимальное энергетическое состояние, к которому приводят энтропийные процессы – самое устойчивое, но ведет к «смерти» системы.

Глубже понять и объяснить рассмотренные противоречия помогают закономерности строения, функционирования и развития систем [4, 5].

В частности, важно учитывать закономерность эмерджентности, позволяющую оценивать степень проявления энтропийных и неэнтропийных тенденций в системе. В соответствии с этой закономерностью любая развивающаяся система находится между состоянием абсолютной целостности и абсолютной аддитивности.

На основе предложенного им информационного подхода **А. А. Денисов** [7] ввел сравнительные количественные оценки систем с точки зрения степени целостности, обеспечивающей устойчивость, стабильности системы

$$\alpha = -C_s/C_0, \quad (1)$$

и степень свободы инициатив элементов системы, обеспечивающую развитие системы

$$\beta = C_s/C_0, \quad (2)$$

где C – оценка информационной сложности системы $C = J \cap H$; J – информация восприятия; H – информационная сущность (потенциал); C_s , C_0 , C_b – системная, собственная и взаимная сложности системы.

Увеличение целостности системы обеспечивает устойчивость, стабильность, способствует повышению эффективности ее функционирования. Однако исследования показали, что эффективность функционирования системы вначале при возрастании степени регулирования (степени целостности) увеличивается, а при чрезмерном регулировании начинает снижаться, поскольку подавляются инициативы, способствующие развитию системы.

Таким образом, при управлении инновационной деятельностью предприятия нуж-

но учитывать концепцию «креативного (созидательного) разрушения» *Й. Шумпетера* – *В. Зомбарта* и закономерности теории систем, регулирующие энтропийно-негэнтропийные процессы в системах, на основе которых следует принимать решение о целесообразности внедрения инноваций с учетом сохранения устойчивого развития предприятия.

Заключение

Проведенный анализ технологических инноваций третьей и четвертой промышленных революций и предложенные

модели для сравнительного анализа и выбора инноваций могут быть полезны не только для рассматриваемого, но и для других предприятий, а также для учебного процесса вузов.

При управлении инновационной деятельностью предприятий полезно также учитывать закономерности развития сложных систем с активными элементами, регулирующие энтропийно-негэнтропийные процессы в системе, на основе которых следует принимать решение о целесообразности внедрения инноваций с учетом сохранения устойчивости функционирования предприятия.

Литература

1. Андерсон К. «Производители: Новая промышленная революция» (Anderson Chris. Makers: The New Industrial Revolution. New York, NY: Crown Publishing Group, 2012. 272 p.)
2. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 23–82.
3. Волкова В.Н., Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз. СПб.: Издательство Политехнического университета Санкт-Петербурга, 2010. 128 с.
4. Волкова В.Н., Логинова А.В., Яковлева Е.А. Модели управления инновационной деятельностью предприятий и организаций. СПб.: Изд-во Политехнического университета Санкт-Петербурга, 2014. 246 с.
5. Волкова В.Н., Черный Ю.Ю. Закономерности информационных процессов в открытых системах: переосмысливая Л. фон Берталанфи // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. научных трудов XX Международной научно-практической конференции. 2016. С. 94–107.
6. Губанов С.С. Державный прорыв. Неиндустриализация России и вертикальная интеграция». М.: Книжный Мир, 2012. 224 с. (Серия «Сверх держава»).
7. Денисов А. А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы. Изд. 2-е. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2004. 96 с.
8. Зомбарт В. Собрание сочинений. Том 3. Роскошь и капитализм. Война и капитализм. М.: Изд-во Владимир Даль, 2008.
9. Информационные технологии в системах управления / Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Еф-

References

1. Anderson K. «Proizvoditeli: Novaya promyshlennaya revolyutsiya» (Anderson Chris. Makers: The New Industrial Revolution. New York, NY: Crown Publishing Group, 2012. 272 p.) (In Russ.)
2. Bertalanfi L. fon. Obshchaya teoriya sistem: kriticheskiy obzor. Issledovaniya po obshchey teorii sistem. Moscow: Progress, 1969. P. 23–82. (In Russ.)
3. Volkova V.N., Denisov A.A. Metody organizatsii slozhnykh ekspertiz. Saint Petersburg: Izdatel'stvo Politekhnicheskogo universiteta Sankt-Peterburg, 2010. 128 P. (In Russ.)
4. Volkova V.N., Loginova A.V., Yakovleva E.A. Modeli upravleniya innovatsionnoy deyatel'nost'yu predpriyatiy i organizatsiy. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhnicheskogo universiteta Sankt-Peterburg, 2014. 246 p. (In Russ.)
5. Volkova V.N., Chernyy YU. YU. Zakonomernosti informatsionnykh protsessov v otkrytykh sistemakh: pereosmyslivaya L. fon Bertalanfi. Sistemnyy analiz v proyektirovanii i upravlenii: sb. nauchnykh trudov XX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2016. P. 94–107. (In Russ.)
6. Gubanov S.S. Derzhavnyy proryv. Neindustrializatsiya Rossii i vertikal'naya integratsiya». Moscow: Knizhnyy Mir, 2012. 224 P. (Seriya «Sverkh derzhava»). (In Russ.)
7. Denisov A.A. Sovremennyye problemy sistemnogo analiza: Informatsionnyye osnovy. 2nd ed. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhnicheskogo un-ta, 2004. 96 p. (In Russ.)
8. Zombart V. Sobraniye sochineniy. Vol. 3. Roskosh' i kapitalizm. Voyna i kapitalizm. Moscow: Izd-vo Vladimir Dal', 2008. (In Russ.)
9. Informatsionnyye tekhnologii v sistemakh upravleniya. Ed. V.N. Volkovoy and A.A. Efremova.

ремова. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2017. 408 с.

10. Volkova V.N., Vasiliev A.Y., Efremov A.A., Loginova A.V. Information technologies to support decision-making in the engineering and control // Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017 20. 2017. С. 727–730.

11. Кристенсен К. Дилемма инноватора: Как из-за новых технологий погибают сильные компании. М.: Изд-во: Альпина Бизнес Букс, 2004.

12. Кондратьев Н.Д., Опарин Д.И. Большие циклы конъюнктуры: Доклады и их обсуждение в Институте экономики. 1-е изд. М., 1928. 287 с.

13. Львов Д.С., Глазьев С.Ю. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Экономика и математические методы : журнал. М., 1986. № 5. С. 793–804.

14. Марш П. Новая промышленная революция. Потребители, глобализация и конец массового производства. М.: Изд-во Института Гайдара, 2015. 420 с.

15. Волкова В.Н., Горелова Г.В., Ефремов А.А. и др. Моделирование систем и процессов: Практикум / Под ред. В.Н. Волковой. М.: Изд-во Юрайт, 2016. 295 с.

16. Volkova V.N., Loginova A.V., Shirokova S.V., Iakovleva E.A. Models for the study of the priorities of innovative companies // Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2016 2016. С. 515–517.

17. Поспелов Г.С., Вен В.Л., Солодов В.М., Шафранский В.В., Эрлих А.И. Проблема программно-целевого планирования и управления. М.: Наука, 1980. 440 с.

18. Волкова В.Н., Козловская Э.А., Логинова А.В., Яковлева Е.А. Развитие теории управления инновациями на основе общесистемных закономерностей // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2013. № 2. С. 13–18.

19. Rifkin J. The Hydrogen Economy: The Creation of the World-Wide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth. N. Y.: Jeremy P. Tarcher, 2002. 304 p.

20. Rifkin J. The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World. N. Y.: St. Martin's Press, 2011. 304 p. ISBN 978-0-230-11521-7. Русскоязычное издание: Рифкин Дж. Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом. М.: Альпина нон-фикшн, 2014. 410 с. 3 ISBN 978-5-91671-332-9.

21. Тоффлер Э. Третья волна = The Third Wave, 1980. М.: АСТ, 2010. 784 с.

22. Сборник докладов 9-й междунар. конференции по судоходству и судостроению и развитию портов «Морские и речные перевозки. Вопросы судостроения, экономического взаимодействия, функционирования и развития». Одесса, 2008.

Saint Petersburg: Izdatel'stvo Politekhnicheskogo universiteta, 2017. 408 P. (In Russ.)

10. Volkova V.N., Vasiliev A.Y., Efremov A.A., Loginova A.V. Information technologies to support decision-making in the engineering and control. Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017 20. 2017. P. 727–730.

11. Kristensen K. Dilemma innovatora: Kak iz-za novykh tekhnologiy pogibayut sil'nyye kompanii. Moscow: Izd-vo: Al'pina Biznes Buks, 2004. (In Russ.)

12. Kondrat'yev N.D., Oparin D.I. Bol'shiye tsikly kon'yunktury: Doklady i ikh obsuzhdeniye v Institute ekonomiki. 1st ed. Moscow, 1928. 287 P. (In Russ.)

13. L'vov D.S., Glaz'yev S.YU. Teoreticheskiye i prikladnyye aspekty upravleniya NTP. Ekonomika i matematicheskiye metody : zhurnal. Moscow., 1986. № 5. P. 793–804. (In Russ.)

14. Marsh P. Novaya promyshlennaya revolyutsiya. Potrebiteli, globalizatsiya i konets massovogo proizvodstva. Moscow: Izd-vo Instituta Gaydara, 2015. 420 p. (In Russ.)

15. Volkova V.N., Gorelova G.V., Efremov A.A. et al. Modelirovaniye sistem i protsessov: Praktikum. Ed. V.N. Volkovoy. Moscow: Izd-vo YUrayt, 2016. 295 P. (In Russ.)

16. Volkova V.N., Loginova A.V., Shirokova S.V., Yakovleva E.A. Models for the study of the priorities of innovative companies. Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2016 2016. P. 515–517.

17. Pospelov G.S., Ven V.L., Solodov V.M., Shafranskiy V.V., Erlikh A.I. Problema program-mno-tselevogo planirovaniya i upravleniya. Moscow: Nauka, 1980. 440 p. (In Russ.)

18. Volkova V.N., Kozlovskaya E.A., Loginova A.V., Yakovleva E.A. Razvitiye teorii upravleniya innovatsiyami na osnove obshchesistemnykh zakon-omernostey. Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO. 2013. № 2. P. 13–18. (In Russ.)

19. Rifkin J. The Hydrogen Economy: The Creation of the World-Wide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth. N. Y.: Jeremy P. Tarcher, 2002. 304 p.

20. Rifkin J. The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World. N. Y.: St. Martin's Press, 2011. 304 p. ISBN 978-0-230-11521-7. Russkoyazychnoye izdaniye: Rifkin Dzh. Tret'ya promyshlennaya revolyutsiya: Kak gorizonta'l'nyye vzaimodeystviya menyayut energetiku, ekonomiku i mir v tselom. Moscow: Al'pina non-fikshn, 2014. 410 P. 3 ISBN 978-5-91671-332-9. (In Russ.)

21. Toffler E. Tret'ya volna = The Third Wave, 1980. Moscow: AST, 2010. 784 P. (In Russ.)

22. Sbornik dokladov 9-y mezhdunar. konferentsii po sudokhodstvu i sudostroyeniyu i razvitiyu portov «Morskiye i rechnyye perevozki. Voprosy sudostroyeniya, ekonomicheskogo vzaimodeystviya, funktsionirovaniya i razvitiya». Odessa, 2008. (In Russ.)

23. Аблязов В.И., Богомолов В.А., Сурина А.В., Туккель И.Л. Технологии и механизмы организации инновационной деятельности: обзор и проблемно-ориентированные решения. СПб.: Изд-во политехнического университета, 2009. 215 с.

24. Шваб К. Четвертая промышленная революция: перевод с англ. М.: Изд-во «Э», 2017. 208 с.

25. Шумпетер Й. Теория экономического развития. М.: Прогресс, 1982. («The Theory of Economic Development», 1934).

23. Ablyazov V.I., Bogomolov V.A., Surina A.V., Tukkel' I.L. Tekhnologii i mekhanizmy organizatsii innovatsionnoy deyatel'nosti: obzor i problemno-oriyentirovannyye resheniya. Saint Petersburg: Izd-vo politekhnicheskogo universiteta, 2009. 215 P. (In Russ.)

24. SHvab K. SHetvertaya promyshlennaya revolyutsiya: tr. fr. Eng. Moscow: Izd-vo «E», 2017. 208 p. (In Russ.)

25. SHumpeter Y. Teoriya ekonomicheskogo razvitiya. Moscow: Progress, 1982. («The Theory of Economic Development», 1934). (In Russ.)

Сведения об авторах

Виолетта Николаевна Волкова

Д.э.н., профессор

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: violetta_volkova@list.ru

Арина Сергеевна Кудрявцева

Магистрант

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

Information about the authors

Violetta N. Volkova

Dr. Sci. (Economics)

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,

Saint Petersburg, Russia

E-mail: violetta_volkova@list.ru

Arina S. Kudryavtceva

Graduate student

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,

Saint Petersburg, Russia