

Управление разработкой и реализацией технологий нового поколения

Николай Иванович Комков¹, Владилен Васильевич Сутягин²

¹⁻²Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук,
Москва, Российская Федерация
117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47

E-mail: komkov_ni@mail.ru

Аннотация

Цель. Обоснование необходимости разработки отечественных технологий нового поколения, обеспечивающих конкурентоспособность и устойчивость российской экономики к внешним вызовам. Использование закономерностей ускоренного развития различных систем, объектов и процессов материального мира позволит сконструировать механизм анализа, принятия решений и управления обоснованием, разработкой и реализацией технологий нового поколения.

Метод или методология проведения работы. Метод проведения исследования основан на обобщении прогнозирования ускоренного развития различных процессов в условиях ограничений роста, способов построения целевых информационно-логических моделей, методов принятия решений по обоснованию затрат на модернизацию вариантов технологий одного поколения и анализа отечественного и зарубежного опыта разработки технологий нового поколения.

Результаты работы. В рамках пространства создания и развития технологий нового поколения, в соответствии с известным представлением полного жизненного цикла, уточнен процесс разработки и реализации технологий нового поколения в виде состава ключевых событий, отображенных логической кривой. Решение задачи управления созданием технологий нового поколения представлено как максимально быстрая реализация проектов поиска инновационных решений, отвечающих требованиям конкурентоспособности. Рассмотрены математические модели сформулированной задачи. Даны примеры практических задач по управлению разработкой и освоением технологий нового поколения.

Выводы. Динамику развития и экономические условия перехода к модернизации технологий определяет необходимость дальнейшей разработки технологий нового поколения в интересах полного использования инновационного потенциала данного поколения. Разработаны информационно-логические и математические модели для принятия решений по управлению обоснованием необходимых ресурсов на реализацию проектов в рамках полного цикла при переходе от инновационных решений к новым технологиям и инновационным продуктам.

Ключевые слова: технология, новое поколение, модернизация, прогноз, инновация, развитие, прогнозирование, методы принятия решений, информационно-логические модели

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Комков Н. И., Сутягин В. В. Управление разработкой и реализацией технологий нового поколения // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2020. Т. 11. № 1. С. 12–28

<https://doi.org/10.18184/2079-4665.2020.11.1.12-28>

© Комков Н. И., Сутягин В. В., 2020

Management of the Development and Implementation of New Generation Technologies

Nikolay I. Komkov¹, Vladilen V. Sutyagin²

¹⁻²Institute of Economic Forecasting, Moscow, Russian Federation
47, Nakhimovsky prospect, Moscow, 117418

E-mail: komkov_ni@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Abstract

Purpose: to justification of the need to develop new-generation domestic technologies that ensure the competitiveness and stability of the Russian economy to external challenges. Using the laws of accelerated development of various systems, objects and processes of the material world will allow us to construct a mechanism for analysis, decision-making and management of the justification, development and implementation of new generation technologies.

Methods: the research method is based on the generalization of forecasting the accelerated development of various processes under the conditions of growth restrictions, methods for constructing targeted information-logic models, decision-making methods for justifying the costs of upgrading one-generation technology options and analyzing domestic and foreign technology development experience new generation.

Results: within the space of creation and development of new generation technologies, in accordance with the well-known concept of the full life cycle, the process of development and implementation of new generation technologies in the form of a logistic curve has been specified. The solution to the problem of managing the creation of new generation technologies is presented as the fastest possible implementation of projects to search for innovative solutions that meet the requirements of competitiveness. Mathematical models of the formulated problem are considered. Examples of practical tasks for managing the development and development of new generation technologies are given.

Conclusions and Relevance: the dynamics of development and the economic conditions for the transition to technology modernization are determined by the need for further development of new generation technologies in the interests of full use of the innovative potential of this generation. Information-logical and mathematical models have been developed for making decisions on managing the justification of the necessary resources for the implementation of projects in the full cycle during the transition from innovative solutions to new technologies and innovative products.

Keywords: technology, new generation, modernization, forecast, innovation, development, forecasting, decision-making methods, information-logical models

Conflict of Interest. The Authors declares that there is no Conflict of Interest.

For citation: Komkov N. I., Sutyagin V. V. Management of the Development and Implementation of New Generation Technologies. *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2020; 11(1):12–28. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18184/2079-4665.2020.11.1.12-28>

Введение

Перспективы инновационного технологического развития связаны с разработкой и созданием прорывных технологий. Возможности их разработки определяют необходимость использования потенциала фундаментальных исследований. Организация таких исследований и последующее использование их результатов возможны при соблюдении обязательных условий прохождения полного инновационного воспроизводственного цикла, в котором предполагается последовательная трансформация инновационных идей в конкурентоспособные технологии, включая создание перспективных производств.

Для реализации указанных задач в настоящей статье предложены модели принятия управленческих решений в рамках полного инновационного жизненного цикла, обеспечивающего возможность модернизации и исчерпания потенциала рассматриваемой технологии.

Обоснование необходимости разработки нового поколения технологий

Для обеспечения стабильного развития отечественной экономики необходимо обладание достаточным потенциалом конкурентоспособности, достижение которого возможно на основе целевых методов управления развитием, поиском перспективных инновационных решений и новых технологий. Гармоничное управление развитием полного технологического цикла, от добычи ресурсов, их переработки в прогрессивные конструкционные

материалы и до утилизации использованных машин и объектов, требует стабильного поддержания потенциала всех его основных секторов. Падение потенциала перерабатывающей и обрабатывающей промышленности в 90-е годы XX века привело к повышению нагрузки на добывающий сектор и необходимости его экспортной ориентации, что в то время позволило стабилизировать социально-экономическую обстановку в стране. Так ответственное руководство государством и экономикой страны в начале XXI века предотвратило ее распад. Намерения руководства страны содействовать экспорту ресурсов в период высоких мировых цен и использовать эти средства для восстановления потенциала других секторов экономики (переработки и обработки) оправдались лишь частично: созданный запас позволил в целом успешно противостоять мировому финансовому кризису 2008 года, но, в связи с отсутствием отечественных факторов интенсивного развития, экономика страны перешла к затяжному этапу стагнации [1]. Среди возможных новых факторов развития экономисты уверенно называют три основных:

- 1) укрепление потенциала ОПК и ожидающееся масштабное его использование в интересах гражданских отраслей;
- 2) освоение Арктики;
- 3) восстановление инновационного потенциала развития и управления экономикой.

Все эти факторы тесно взаимосвязаны, причем освоение богатых ресурсов Арктики требует, с од-

ной стороны, защиты ее запасов от агрессивных конкурентов, а с другой – создания эффективных отечественных инновационных решений и технологий, способных рентабельно и с высокой эффективностью осваивать запасы арктической зоны [2].

Обзор литературы и исследований. Перспективы инновационно-технологического развития многие эксперты связывают с необходимостью разработки и создания прорывных технологий, т.е. семейства технологий, способных обеспечить значительные масштабы и объемы эффективных и конкурентоспособных современных производств. Возможности разработки прорывных технологий предполагают накопление и последующее использование потенциала фундаментальных исследований, проводимых в рамках ориентированных поисковых изысканий. Организация таких исследований базируется на применении механизмов стимулирования фокусировки инновационных идей и решений, способных перейти в конкурентоспособные технологии, как основы создания перспективных производств.

Основатели теории инновационно-технологического развития (Д. Сахал [3], Р. Солоу [4, 5], Дж. Мартино [6], Г. Менш [7], Э. Янч [8] и др.) в качестве важнейшей характеристики этих процессов предлагают учитывать поколение технологии, которое представляет собой совокупность модернизируемых, т.е. улучшаемых, технологий, основанных на исходных теоретических и практически реализуемых решениях, обладающих перспективной инновационной целесообразностью и практической полезностью. Поколение технологий отличает:

- теоретическая преемственность инновационных идей и инновационных решений;
- возможность модернизации, т.е. улучшения характеристик технологий;
- сохранение потенциала конкурентоспособности;
- рыночная привлекательность.

Известные виды распространения технологий и продуктов насчитывают многие поколения: военные истребители – 5; подводные лодки – 4; компьютеры – 5; средства связи – 4; автомобили – 4; танки – 3.

Материалы и методы. Прогнозирование развития разнообразных видов техники и технологии многие известные ученые (Д. Сахал [3], Дж. Мартино [6], Г. Менш [7], Э. Янч [8] и др.) часто связывают с построением моделей развития технологий нового поколения. Такие прогнозы опираются на применение эволюционного подхода с использованием аналитических математических методов оценки экспоненциального роста, с учетом наличия ограничений такого роста. При этих

условиях экспоненциальный рост переходит при ограничениях роста к его замедлению и последующей остановке роста, что описывается логистической кривой в виде модели Гомперца [8, с. 241]:

$$P = Le^{-be^{-kt}},$$

где P – математическое ожидание полезности (эффективности), L – предел полезности, b, k – константы, t – время.

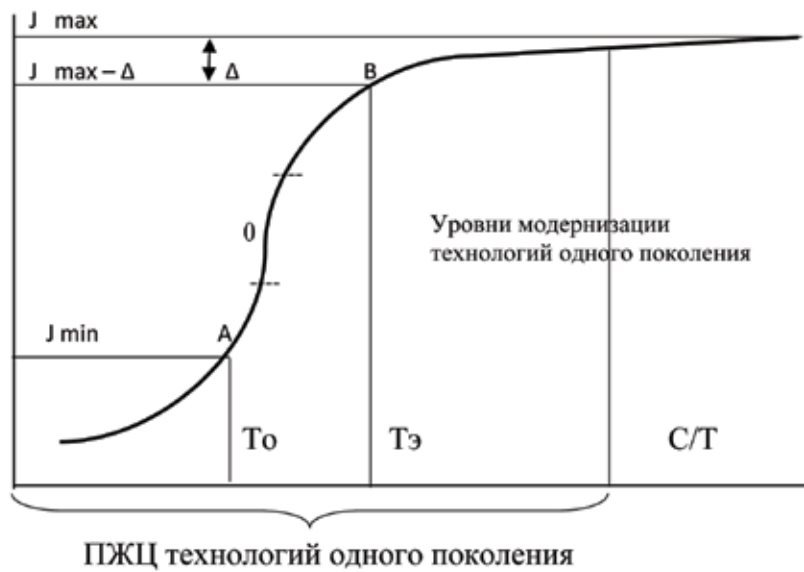
Основные идеи построения прогнозов ускоренного роста, изложенные в [7, 8], могут быть использованы при формировании модели управления обособлением, разработкой и созданием технологий нового поколения.

При формировании модели прогнозирования и реализации технологии нового поколения на начальном этапе используются два основных фактора: инновационная идея и инновационное решение. Инновационная идея – это гипотеза (совокупность гипотез), основанная на объективных закономерностях и законах естественного мира и позволяющая получить новый перспективный результат в виде продукта и (или) услуги с новыми полезными свойствами. Инновационное решение – это подтвержденная гипотеза, с некоторой вероятностью указывающая на возможность реализации идеи в конкретной инновационной среде на основе использования теоретических и экспериментальных расчетов такого предположения. Если идея – это прогнозирование ожидаемого результата, то решение – это способ подтверждения реализуемости идеи.

Переход от инновационной идеи к инновационному решению – это временной отрезок, длительность которого составляет от нескольких месяцев до многих десятков лет и зависит от используемых ресурсов, качества и восприимчивости инновационной среды к использованию инновационных решений. Динамическая модель обоснования, разработки и реализации технологии нового поколения основана на построении моделей роста в условиях ограничений. Такую модель удобно представить в виде логистической кривой (рис. 1 – динамика изменения характеристик технологии одного поколения в рамках полного жизненного цикла (ПЖЦ)). С ее помощью можно описать использование потенциала развития, заложенного в инновационной идее, которая, достигая максимума скорости роста в точке перегиба (рис. 1, точка С), постепенно использует этот потенциал до уровня практической целесообразности реализации инновационной идеи (рис. 1, точка В).

В рамках динамической модели обоснования, разработки и освоения технологии нового поколения выделяются варианты модернизации технологии,

J – Интегральное качество (полезность)



Условные обозначения:

J – индикатор интегрального качества (полезности) технологии одного поколения;

T – длительность;

$Z = C/T$ – интенсивность потребления финансовых ресурсов;

C – стоимость;

A – точка начала ускоренного роста индикатора качества;

B – точка завершения роста индикатора качества;

0 – точка перегиба.

Разработано авторами.

Рис. 1. Динамика изменения характеристик технологии одного поколения в рамках ПЖЦ

Developed by the authors.

Fig. 1. Dynamics of changes in the characteristics of technology of one generation in the framework of the full life cycle

которые заканчиваются практической реализацией каждого варианта и подтверждением (либо отрицанием) его практической полезности.

Возможность разработки и реализации технологии нового поколения зависит от:

- 1) наличия исходного потенциала фундаментальных исследований, который может быть принят за основу прикладных исследований и последующих разработок;
- 2) адекватной оценки потенциала конкурентоспособности инновационных идей нового поколения при переходе к практическим раз-

работкам и их воплощению в опытные и промышленные образцы;

- 3) наличия необходимых средств для интенсивных разработок и превращения инновационных решений в опытные образцы¹;
- 4) эффективного управления и своевременного выбора точек принятия решений при переходе к новой модернизации технологии данного поколения.

Методы для выбора точек принятия решений и модели интенсивного управления реализацией проектов были рассмотрены в работе².

¹ Комков Н.И., Бондарева Н.Н., Романцов В.С., Диденко Н.И., Скрипнюк Д.Ф. Методические и организационные основы управления развитием компаний: монография. М.: Издательский Дом «Наука», 2015. 520 с. (С. 3–20). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25053195&>

² Александров Н.И., Комков Н.И. Моделирование организации и управления решением научно-технических проблем / отв. ред. Н.Я. Петраков; АН СССР, Ин-т экономики и прогнозирования науч.-техн. прогресса. М.: Наука, 1988. 216 с. URL: <https://search.rsl.ru/record/01001419380>

Результаты исследования

Стратегическая важность вхождения России в число мировых технологических лидеров обусловлена следующими обстоятельствами. Во-первых, технологии – это универсальный стратегический товар, обладание которым обеспечивает его владельцу конкурентное преимущество. Во-вторых, владение таким конкурентным превосходством позволяет стране-лидеру координировать свои взаимоотношения с государствами, входящими с ней в различные союзы. Наличие у страны-лидера собственных технологий на менее важно, чем обладание значительными объемами ресурсов и мощным военным потенциалом. В-третьих, передовые уникальные технологии не являются в полном смысле свободным рыночным товаром, доступным любому покупателю, обладающему достаточными для его приобретения финансовыми средствами. В определенном смысле, передача уникальных технологий осуществляется в соответствии с «правилами закрытого клуба», что дает возможность конкурентного превосходства его членам над теми странами, которые в него не входят.

В 90-х годах XX века России, как не члену клуба технологических лидеров, не были необходимы уникальные технологии. А в начале XXI века, когда руководством РФ была осознана необходимость диверсификации экономики с опорой на инновационные решения и новые технологии, такие технологии стали недоступными из-за нежелания США и стран ЕС видеть нашу страну в числе технологических конкурентов. Частично утраченный с начала 90-х годов инновационно-технологический потенциал, в соответствии со стратегией научно-технологического развития и майским указом президента РФ³, необходимо как можно быстрее восстановить, и начать его наращивание не только в сфере оборонных технологий, но и в гражданских отраслях.

В настоящее время, в силу сложившихся экономических условий (отсутствия устойчивого экономического роста) и низкого уровня финансирования научно-технологической сферы со стороны бизнеса, ответственная инициативная поддержка перспективных технологий нового поколения невозможна без активного государственного уча-

стия. 10 июля 2019 года между Правительством РФ и рядом крупнейших организаций с государственным участием (ПАО Сбербанк, ОАО «РЖД», госкорпорацией «Росатом», госкорпорацией «Ростех») были подписаны соглашения о намерениях, с целью развития отдельных высокотехнологичных направлений⁴.

При подписании указанных соглашений Президент РФ Путин В.В. отметил, что включение в их состав направлений «Искусственный интеллект», «Квантовые коммуникации», «Технологии распределенного реестра», «Квантовые вычисления», «Квантовые сенсоры», «Новые поколения узкополосной беспроводной связи для «Интернета вещей» и связи ближнего и среднего радиусов действия», «Беспроводная связь нового поколения» является способом обеспечения прорыва для экономики России. При этом Правительство РФ готово оказать всестороннюю поддержку участвующим в этих соглашениях партнерам, в том числе финансовую и налоговую, а также в создании комфортной регуляторной среды, включая гибкие экспериментальные правовые режимы⁵.

Для решения вопросов согласованного управления разработкой технологий нового поколения предполагается построение «дорожной карты» по каждому из этих направлений. Однако механизм управления представляется более сложным. Он должен включать многосвязные схемы согласованного принятия решений⁶, варианты которых рассмотрены далее.

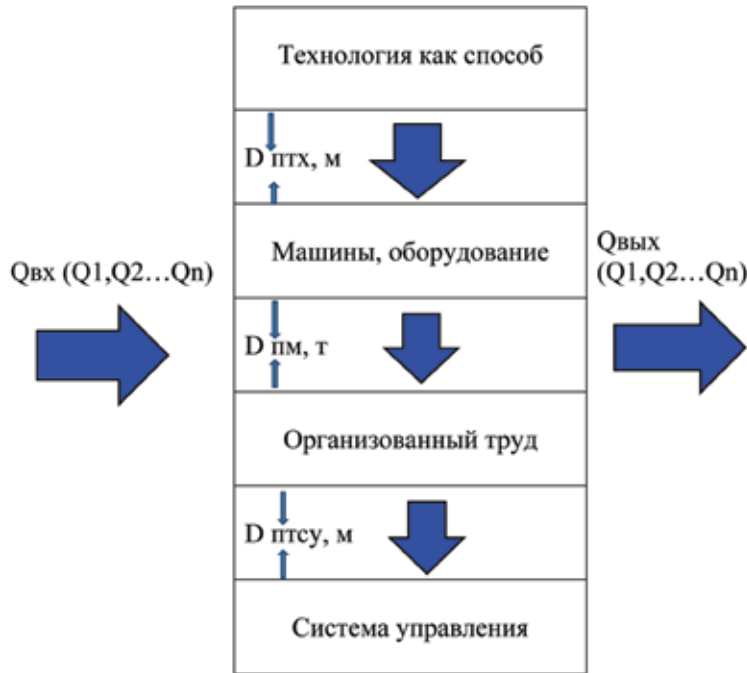
Важной оценкой потенциала технологий является максимальный теоретически возможный уровень индикатора, значение которого может быть обосновано теоретически и подтверждено практической реализацией технологий. С учетом четырех компонент комплексной (организованной) технологии достижение теоретически возможного уровня потенциала технологии зависит от характеристик используемого оборудования, организованного труда и системы управления (рис. 2). Поэтому при формировании Проекта «Поиск инновационного решения» целесообразно согласовывать потенциал самой технологии с используемым для ее реализации оборудованием (рис. 3).

³ Указ Президента РФ «О национальных целях и практических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/57425>

⁴ Подписаны соглашения о намерениях между Правительством и крупнейшими компаниями о развитии отдельных высокотехнологичных направлений / Москва, Кремль. 10 июля 2019 года. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/60971>

⁵ Там же.

⁶ Указ Президента РФ «О национальных целях и практических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/57425>



Условные обозначения:

$Q_{вх} (Q_1, Q_2 \dots Q_n)$ – вектор продуктов на входе;

$Q_{вых} (Q_1, Q_2 \dots Q_n)$ – вектор продуктов на выходе;

$D_{птх, м}$ – потери потенциала технологии при машинной реализации технологии;

$D_{пм, т}$ – потери потенциала машинной реализации технологии при организованном труде;

$D_{птсу, м}$ – потери потенциала при организации труда вариантом системы управления.

Разработано авторами.

Рис. 2. Схема структурного представления комплексно (организованной) технологии

Developed by the authors.

Fig. 2. Scheme of structural presentation of integrated (organized) technology

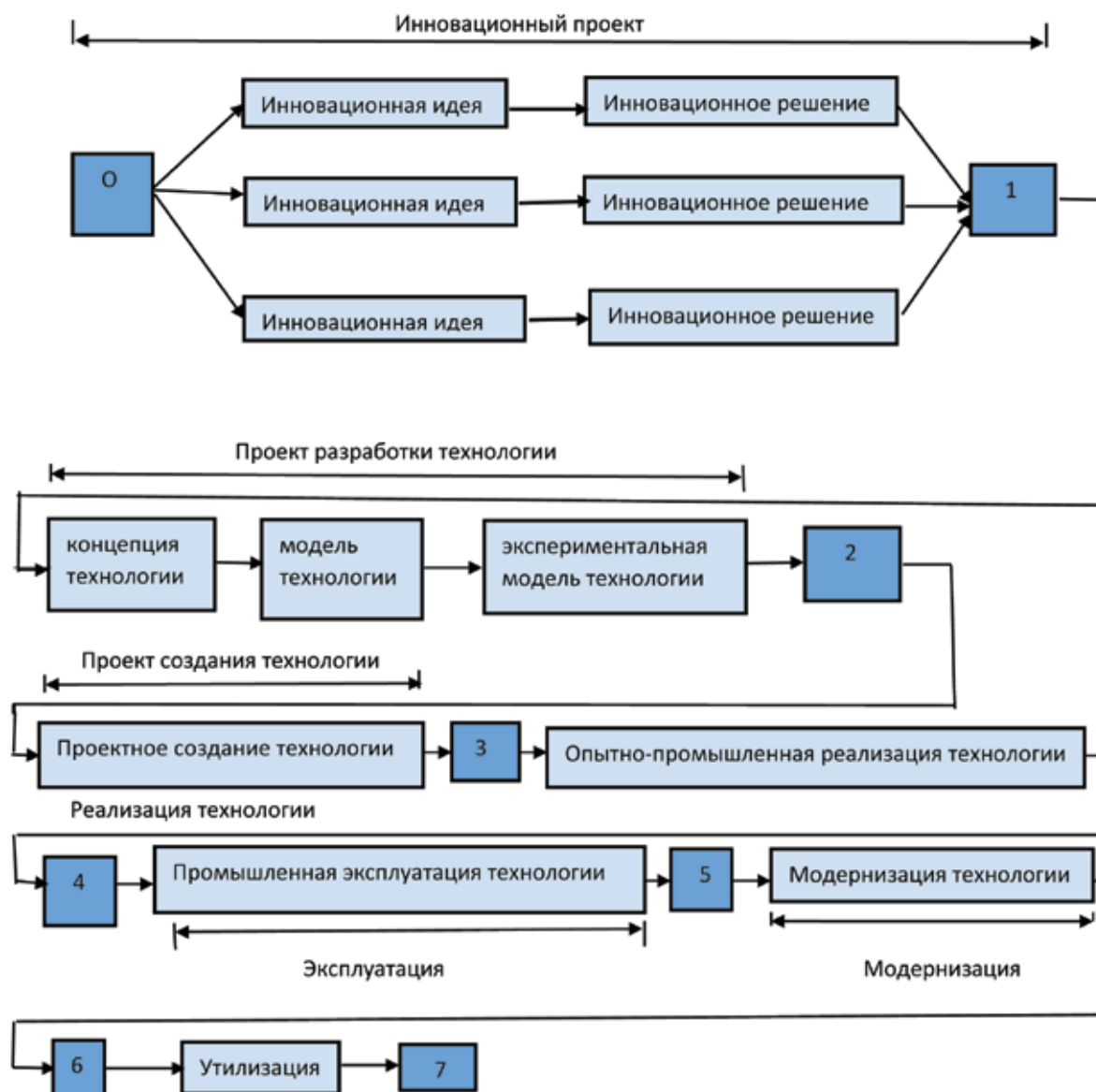
Для описания динамики процессов инновационного развития и перехода от инноваций к технологиям обычно используют понятие полного жизненного цикла (ПЖЦ)⁷. Он начинается со стадии фундаментальных исследований, результаты которых переходят на стадию теоретико-прикладных исследований, где формируются теоретически реализуемые и практически полезные модели технологий, создаваемые в форме проектов и промышленных объектов, используемых на практике и завершающихся утилизацией этих технологий, отработавших свой срок [9, 10, 11]. На рис. 3 представлена укрупненная организационная схема ПЖЦ в виде последовательности семи проектов, которые в ряде случаев могут частично выполняться параллельно, т.е. следующий проект

может начинаться, не ожидая полного завершения предшествующего. Для одновременного учета продолжительности и стоимости реализации проектов разработки и освоения технологий одного поколения удобно использовать синтетический показатель C/T , характеризующий интенсивность финансирования проектов.

В работах [6, 8] описание процесса жизненного цикла технологии одного поколения рассматривается в пространстве $U \times T$, где U – полезность, T – время.

Такое описание удобно при ретроспективном анализе. Для прогнозирования и управления реализацией одного поколения необходимо более конкретно определить координаты пространства.

⁸ Комков Н.И., Бондарева Н.Н., Романцов В.С., Диденко Н.И., Скрипнюк Д.Ф. Методические и организационные основы управления развитием компаний: монография. М.: Издательский Дом «Наука», 2015. 520 с. (С. 3–20). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25053195&>



Обозначения узлов принятия решений:

- 0 – поиск инновационных идей;
- 1 – выбор инновационного решения;
- 2 – проектирование технологий;
- 3 – опытно-промышленная реализация технологии;
- 4 – промышленная эксплуатация технологии;
- 5 – модернизация технологии;
- 6 – завершение модернизации и эксплуатации технологии;
- 7 – утилизация.

Разработано авторами.

Рис. 3. Схема полного жизненного цикла разработки, освоения и эксплуатации технологии

Developed by the authors.

Fig. 3. Scheme of the full life cycle of the development, development and operation of technology

Поэтому координаты для принятия решений на рис. 1 соответствуют уровню потенциала технологии, который можно измерить с помощью индекса I ; $I \in [0, 1]$, являющийся сверткой вектора

производственно-технологических показателей (КПД, производительности, энергоемкости, материалоемкости, трудоемкости, текущих затрат и др.) и показателей, характеризующих качествен-

ные признаки (цены, себестоимости, надежности, текущих и капитальных затрат в рамках жизненного цикла и др.)⁸.

Конструкция индекса зависит от особенностей рассматриваемой технологии. Можно рассматривать такой индекс, как показатель конкурентоспособности, где числитель I_q соответствует качеству, а знаменатель $I_{полн}$ – стоимости такого качества, т.е. $Z = I_q / I_{полн}$.

С учетом введенного показателя уровня технологии и показателя ПЖЦ технологии, динамика изменения потенциала конкурентоспособности технологий одного поколения содержательно может быть представлена в пространстве $I \times Z$, в виде логистической кривой, изображенной на рис. 1.

Модель динамики ПЖЦ представляет собой линейную или линейно-параллельную схему перехода от инноваций к технологиям и их использованию. Качественное изменение характеристик технологий часто описывают с помощью логистической зависимости [6, 8] и ее модификации [7]. Такая зависимость соответствует изменению характеристик технологий одного поколения. Базу модели составляют общие (однородные) теоретические основы процесса, формирующего способ перехода из одного состояния преобразования вещества в последующее, упорядоченное в рамках полного технологического цикла преобразования и использования природных ресурсов (табл. 1).

Особенность процесса улучшения качественных характеристик заключается в наличии трех участ-

Таблица 1

Характерные признаки изменения состояния ПЖЦ технологии

Table 1

Characteristic changes in the state of the full technology life cycle

№ п/п	Название проекта ПЖЦ технологии одного поколения	Характерные признаки состояния процесса перехода от инноваций к технологии в рамках ПЖЦ технологии
1.	Поиск инновационного решения	<ul style="list-style-type: none"> – Теория инновационной идеи и инновационного решения – Условия практической реализуемости инновации – Целесообразность инновации – Практическая полезность – Преимущества и недостатки в сравнении с конкурентами
2.	Модель инновационной технологии	<ul style="list-style-type: none"> – Подтверждение установленных ранее характерных признаков – Получение положительных результатов экспериментальной проверки теоретической реализуемости теоретически обоснованной инновационной технологии
3.	Проектирование инновационной технологии	<ul style="list-style-type: none"> – Проектное подтверждение теоретической целесообразности и практической реализуемости инновационной технологии – Проектное подтверждение теоретической реализуемости инновационной технологии
4.	Опытно-промышленная реализация инновационной технологии	<ul style="list-style-type: none"> – Подтверждение инновационной обоснованности, практической полезности и проектной реализуемости инновационной технологии
5.	Промышленная эксплуатация инновационной технологии	<ul style="list-style-type: none"> – Подтверждение инновационной целесообразности, практической полезности, проектной и промышленной реализуемости и рыночной целесообразности инновационной технологии
6.	Модернизация инновационной технологии	<ul style="list-style-type: none"> – Периодическое улучшение характеристик инновационной технологии в рамках данного поколения технологии
7.	Завершение модернизации инновационной технологии	<ul style="list-style-type: none"> – Невозможность существенного улучшения характеристик инновационной технологии
8.	Утилизация	<ul style="list-style-type: none"> – Прекращение модернизации и эксплуатации инновационной технологии в рамках данного поколения

Составлено авторами по материалам: Комков Н.И., Бондарева Н.Н., Романцов В.С., Диденко Н.И., Скрипнюк Д.Ф. Методические и организационные основы управления развитием компаний: монография. М.: Издательский Дом «Наука», 2015. 520 с.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25053195&>

Compiled by the authors based: Komkov N.I., Bondareva N.N., Romantsov V.S., Didenko N.I., Skripnyuk D.F. Methodological and organizational foundations of company development management: Monograph. Moscow: Publishing House "Science", 2015. 520 p.

⁸ Комков Н.И., Бондарева Н.Н., Романцов В.С., Диденко Н.И., Скрипнюк Д.Ф. Методические и организационные основы управления развитием компаний: монография. М.: Издательский Дом «Наука», 2015. 520 с. (С. 3–20). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25053195&>



Разработано авторами.

Рис. 4. Схема влияния инновационных решений на комплексную организационную технологию

Developed by the authors.

Fig. 4. Scheme of the impact of innovative solutions on integrated organizational technology

ков: первый – медленное последовательное подтверждение реализуемости и полезности свойств разрабатываемой технологии на начальном этапе освоения; второй – быстрое освоение потенциала технологии и достижение (приближения к достижению) теоретически возможного уровня потенциала; третий – приближение к теоретически возможному уровню потенциала и завершение возможности улучшения (рис. 4).

Соотношение технологии и продукта, произведенного на основе данной технологии, таково:

- технология – это способ производства данного продукта, который во многом определяет свойства самого продукта;
- улучшение (снижение) характеристик продукта невозможно без изменения характеристик самой технологии;
- повышение характеристик собственно самой технологии ограничено теоретически возможным уровнем технологии данного поколения;
- улучшение характеристик комплексной организованной технологии возможно за счет повышения характеристик ее компонент: оборудования, организации труда, совершенствования управления.

Создание поколений технологий – распределенный во времени и пространстве процесс взаимодействия коллективов исследователей, разработчиков, инженеров и квалифицированных исследователей. Многостадийность процесса обоснования разработки и создания совокупности технологий одного поколения обусловлена разной специализацией участников этого процесса, охватывающего полный инновационный воспроизводственный цикл: от ориентированных фундаментальных и поисковых исследований до разработки и реализации новых технологий в производстве, включая последовательную модернизацию технологий [12, 13, 14].

Полный жизненный цикл разработки и создания технологий одного поколения составляет от 5-ти до 50-ти и более лет. Технологии с коротким ПЖЦ наблюдаются в создании IT-технологий и компьютеров, а с длинным – для машин и механизмов.

Механизмы управления разработкой технологий нового поколения

Переход от одного поколения к последующему активно начинается с момента снижения потенциала конкурентоспособности наиболее перспективного модернизированного образца существующего

поколения технологии и сокращения его рыночной привлекательности.

Известные ранее свойства и закономерности инновационно-технологического развития, а также сформированные ранее необходимые их уточнения и методы управления инновационными⁹ и инвестиционными проектами создают основу для формирования механизма управления обоснованием, разработкой и реализацией поколения технологий. В условиях высоко конкурентного противостояния между компаниями за рынки высокотехнологичной продукции вполне очевидной является стратегия наиболее быстрого освоения потенциала выявленной перспективной технологии и оказания содействия наиболее быстрому достижению наибольшего значения потенциала, т.е. достижения точки В на рис. 1.

Для этого, прежде всего, необходимо решить задачу минимизации времени обоснования и реализации проектов «Поиск инновационного решения» и «Разработка инновационной модели технологии». Наиболее существенными ресурсными ограничениями при выполнении данных проектов являются квалифицированные кадры и стоимость выполнения проектов.

Учитывая возможность поиска альтернативных идей и инновационных решений, задача оптимального управления [15] Проектом 1 может быть сформулирована как поиск зависимости:

$$T = T(R, L, C, V, P^V, F), \tag{1}$$

где R – множество вершин; L – множество работ; C – стоимость; V – вектор трудозатрат; P^V – ожидаемая завершенность; F – вектор технических параметров.

Общая схема управления разработкой и освоением технологии нового поколения имеет два уровня.

На нижнем уровне рассматривается задача управления проектом, имеющем обозначенный на входе результат $R = R(r_1, r_2, \dots, r_n)$ и результат на выходе $S = S(s_1, s_2, \dots, s_m)$. Для выполнения проекта и перехода от R к S используется оператор $F : R \rightarrow S$.

Реализация F возможна на основе построения сетевой модели в форме ориентированного графа $G = G(K, L)$ без циклов и петель, где K – множество вершин, L – множество операций (работ) по переходу между вершинами, например, по переходу от $k_i \in K$ к $k_j \in K$.

Каждая операция $l_{ij} \in L$ имеет определенную стоимость C_{ij} , длительность t_{ij} , вероятность P_{RS}^V сохранения исходного технологического уровня, располагаемого в начальной вершине k_0 , при достижении проектом конечного состояния k_m .

Построение зависимости (1) от общей стоимости выполнения проекта при ограничении установленной трудоемкости, допустимом риске и сохранении потенциала конкурентоспособности на требуемом уровне предполагает построение необходимой математической модели. Для этого, пользуясь вариантным ресурсным обеспечением каждой работы, необходимо решить следующую параметрическую задачу.

Найти:

$$\min C = C(T, V, P^V, F) \tag{2}$$

при ограничениях:

$$T = T_{кр}(R, T, V, D), \quad T = \overline{T_{\min}, T_{\max}}; \tag{3}$$

$$\sum_{d=1}^D \sum_{ij} v_{ij}^{k(d)} \cdot x_{ij}^d \leq v_{\max}^k, \quad k \in K; \tag{4}$$

$$\sum_{d=1}^D \sum_{ij} C_{ij}^d \cdot x_{ij}^d \leq C, \quad C = \overline{C_{\max}, C_{\min}}; \tag{5}$$

$$\prod_{ij} \sum_{d=1}^D P_{ij}^{V(d)} \cdot x_{ij}^d \geq P_{зад}^V; \tag{6}$$

$$F_1(x) \geq F_1^{зад}, F_2(x) \geq F_2^{зад}, \dots, F_n(x) \geq F_n^{зад} \\ x_{ij}^d = \{0, 1\}; \tag{7}$$

где $T_{кр}$ – длительность критического пути сетевой модели проекта; $v_{ij}^{k(d)}$ – d -й вариант интенсивности выполнения r_{ij} работы с затратами труда k -го вида; K – множество номеров трудозатрат; C_{ij}^d – стоимость выполнения r_{ij} работы при d -м варианте интенсивности; v_{\max}^k – максимальные трудозатраты k -го вида; $P_{зад}^V$ – допустимый уровень риска; $P_{доп}^V \in [0, 1]$, $F_1(x)$, $F_2(x)$, ..., $F_n(x)$ – значение показателей конкурентоспособности; $F_h^{зад}$ – допустимое значение h -го показателя конкурентоспособности; $x_{ij}^d = 1$ означает выбор d -го варианта интенсивности r_{ij} работы, при $x_{ij}^d = 0$ – нет.

⁹ Александров Н.И., Комков Н.И. Моделирование организации и управления решением научно-технических проблем / отв. ред. Н.Я. Петраков; АН СССР, Ин-т экономики и прогнозирования науч.-техн. прогресса. М.: Наука, 1988. 216 с. URL: <https://search.rsl.ru/record/01001419380>

Если при формировании Проекта поиска инновационных решений и Проекта разработки модели технологии наиболее существенными ограничениями в оптимизационной модели (2)–(7) являются исследовательские кадры [16], то в остальных проектах (Проекты 3, 4) определяющими скорость освоения новой технологии являются финансовые и ресурсные ограничения. Поэтому модель (2)–(3) для Проектов 3 и 4 может иметь следующий вид.

Найти:

$$\min C = C(R, S, L) \quad (8)$$

При ограничениях:

$$T = T_{кр}(R, S, L), \quad T = T_{кр}^{\min}, T_{кр}^{\max}; \quad (9)$$

$$\sum_{l=1}^L \sum_{fh}^{FH} q_{fh}^{l(W)} \cdot x_{fh}^l \leq Q_{\max}^W; \quad (10)$$

$$\sum_{l=1}^L \sum_{fh}^{FH} v_{fh}^{l(d)} \cdot x_{fh}^l \leq v_{\max}^d; \quad (11)$$

$$\prod_{fh}^{FH} \sum_{l=1}^L p_{fh}^l \cdot x_{fh}^l \geq P_{\text{доп}}; \quad (12)$$

$$\sum_{l=1}^L \sum_{fh}^{FH} x_{fh}^l = 1, \quad (13)$$

где $q_{fh}^{l(W)}$ – объем w -го вида ресурса, необходимо для выполнения r_{fh} работы l -й интенсивностью; Q_{\max}^W – максимальный объем w -го вида ресурса.

Для поиска решения (8) при условиях (9)–(13) можно использовать эвристические алгоритмы, предложенные в работах¹⁰.

Предлагаемый подход к управлению проектами состоит в максимальном сокращении сроков выполнения работ так, чтобы все пути, ведущие из начальной вершины r_o в конечную r_n , были близки друг другу и равны критическому пути. Возможные риски своевременного завершения работ учиты-

ваются в оценке субъективной вероятности успешного завершения каждой работы, и общий риск учитывается для проекта в соотношении (12). Его величина должна рассматриваться при выборе окончательного варианта, а оценка риска может учитываться в механизме стимулирования выполнения проектов, изложенном в работе¹¹.

Модели оптимального управления Проектами реализации технологий и Проектами освоения технологии формируются в виде (8) – (13).

В результате последовательного решения задач определения вариантов интенсивности выполнения проектов реализации определенного технологического уровня рассматриваемого поколения находим зависимости:

$$C_1 = C_1(T), C_2 = C_2(T), C_3 = C_3(T), C_4 = C_4(T)$$

Задача верхнего уровня состоит в определении значений C_1, C_2, C_3, C_4 с учетом общей длительности полного цикла реализации технологии.

Возможны различные содержательные постановки такой задачи.

Задача верхнего уровня – 1 (оптимизация быстрого действия): Необходимо так распределить средства на проекты, чтобы наиболее быстро разработать и освоить технологию нового поколения.

Если предположить только последовательное выполнение проектов, то решение состоит в определении C_1, C_2, C_3, C_4 , а также соответствующих им значений T_1, T_2, T_3, T_4 . Следовательно,

$$T_{\text{полн}} = \min T_1 + \min T_2 + \min T_3 + \min T_4; \quad (14)$$

$$C_{\text{полн}} = \sum_{f=1}^4 C_f^{\max}. \quad (15)$$

Вполне возможно частичное «запараллеливание» проектов, когда начало следующего этапа начинается ранее окончания предыдущего проекта, т.е.:

¹⁰ Александров Н.И., Комков Н.И. Моделирование организации и управления решением научно-технических проблем / отв. ред. Н.Я. Петраков; АН СССР, Ин-т экономики и прогнозирования науч.-техн. прогресса. М.: Наука, 1988. 216 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001419380>; Комков Н.И., Бондарева Н.Н., Романцов В.С., Диденко Н.И., Скрипнюк Д.Ф. Методические и организационные основы управления развитием компаний: монография. М.: Издательский Дом «Наука», 2015. 520 с. (С. 3–20). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25053195&>.

¹¹ Комков Н.И., Бондарева Н.Н., Романцов В.С., Диденко Н.И., Скрипнюк Д.Ф. Методические и организационные основы управления развитием компаний: монография. М.: Издательский Дом «Наука», 2015. 520 с. (С. 3–20). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25053195&>.

$$T_{\text{полн}} = (\min T_1 - \Delta T_1) + (\min T_2 - \Delta T_2) + (\min T_3 - \Delta T_3) + (\min T_4 - \Delta T_4). \tag{16}$$

При этом вместо (14) необходимо использовать (16).

Решения (14), (15) и (14), (16) справедливы при оценке ожидаемых затрат, длительности разработки и освоения технологий нового поколения перед началом совокупности проектов разработки и освоения полного инновационного производственного цикла.

Если процесс освоения технологии нового поколения уже начался, то оценка *C* и *T* оставшейся части полного цикла предполагает рассмотрение тех проектов, которые необходимо выполнить на основе исключения уже завершенной части проектов полного инновационного производственного цикла [13].

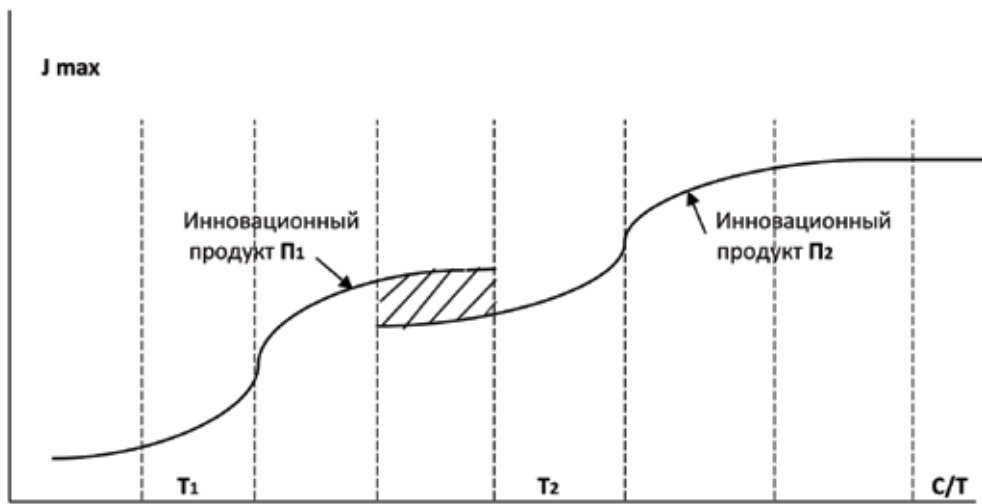
Практическое использование закономерностей обоснования и разработки нового поколения технологий

Понимание важности модернизации технологий, необходимости их смены и перехода технологий к новым поколениям достаточно отчетливо проявилось

в период разработки КП НТП в течение 70–80-х годов XX века. Отмечалось, что длительные сроки обновления техники и технологии в СССР тормозят научно-технический прогресс и замедляют позитивное влияние инновационных решений на экономику. Графически расхождение фактической модернизации отечественных образцов с мировыми темпами научно-технического прогресса показано на рис. 5.

Необходимость разработки конкурентоспособных технологий и образцов осваивается российскими компаниями уже с начала XXI века. Медленная инновационно-технологическая модернизация в советский период частично изменилась с начала 2000-х годов. Это нашло отражение, например, на инновационно-технологическом развитии зерноуборочной техники, в частности, при модернизации комбайна Дон-1500 (рис. 6).

Инновационная стратегия комбайновой индустрии ООО «КЗ "Ростсельмаш"» определялась изменившимися демографическими и социальными условиями, а также факторами глобализации экономики, что вынуждало ее топ-менеджеров искать инновационные методы и формы развития¹². Интенсивная инновационная политика ООО «КЗ "Ростсельмаш"» нашла отражение в применении



Обозначения узлов принятия решений:
T1, T2 – начало производства продукта П1, П2.

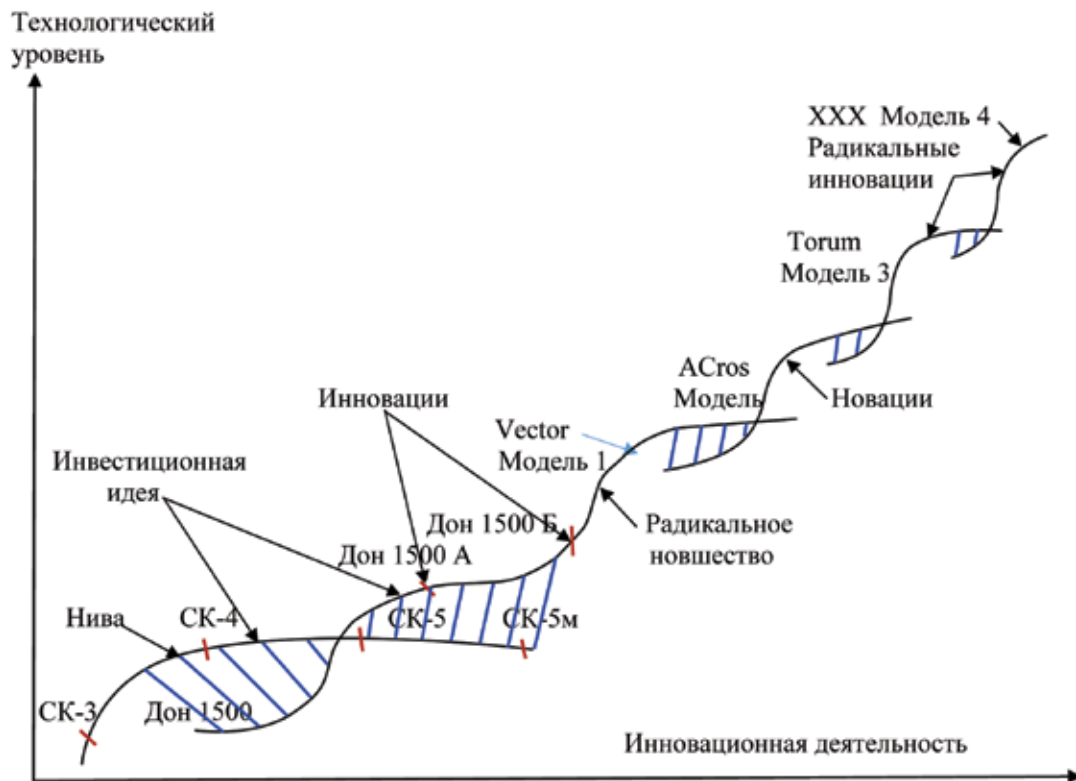
Разработано авторами.

Рис. 5. Динамика смены технологий

Developed by the authors.

Fig. 5. Dynamics of technology change

¹² Опыт компании ООО «КЗ "Ростсельмаш"» в разработке новшеств – новых моделей комбайнов. См.: Овчаренко Г.В. Стратегический менеджмент: учебно-методический комплекс. Ростов н/Д: ЮРИФ РАНХиГС, 2016; Овчаренко Г.В. Инновационный менеджмент: учебно-методический комплекс. Ростов н/Д: ЮРИФ РАНХиГС, 2014.



Разработано авторами по материалам: Овчаренко Г.В. Стратегический менеджмент: учебно-методический комплекс. Ростов н/Д: ЮРИФ РАНХиГС, 2016; Овчаренко Г.В. Инновационный менеджмент: учебно-методический комплекс. Ростов н/Д: ЮРИФ РАНХиГС, 2014.

Рис. 6. Динамика инновационных решений модернизации зерноуборочных комбайнов ООО КЗ «Ростсельмаш»

Developed by the authors based: Ovcharenko G.V. Strategic management: educational and methodological complex. Rostov on Don: JURIF RANPEA, 2016; Ovcharenko G.V. Innovation management: educational and methodological complex. Rostov on Don: JURIF RANPEA, 2014.

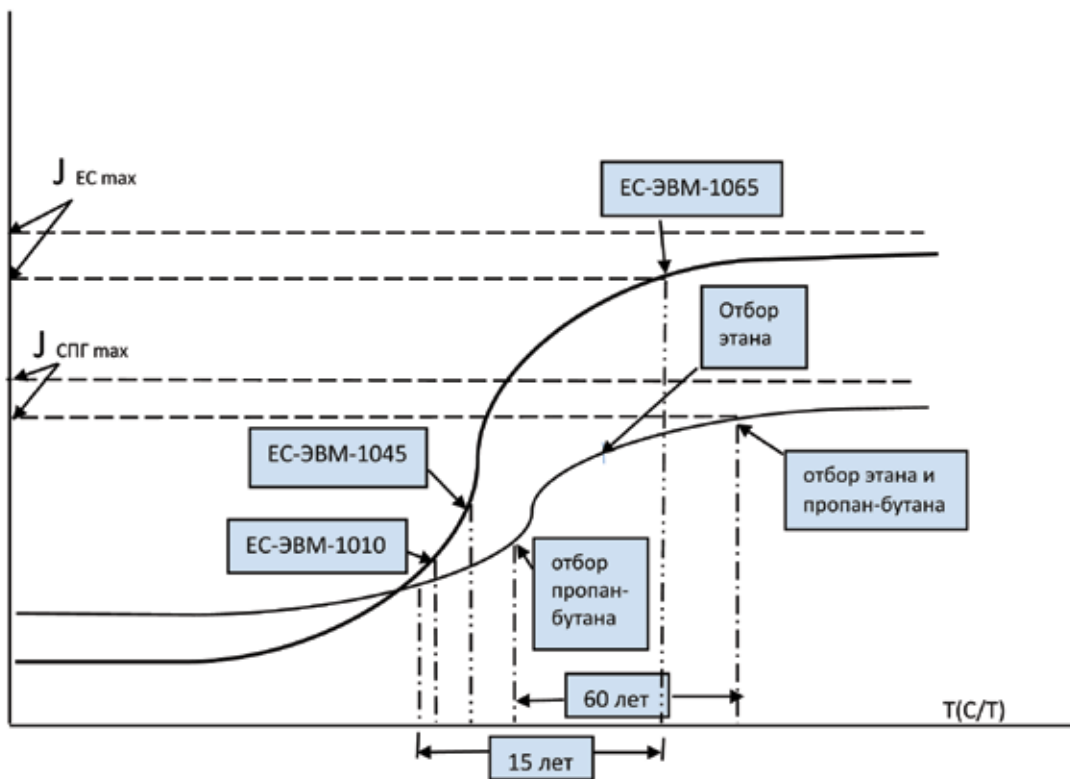
Fig. 6. Dynamics of innovative solutions for the modernization of combine harvesters "Rostselmash"

инновационных решений в технологических и в производственных подразделениях. Это позволило создавать инновационные модели комбайнов, где в каждом новом выпуске комбайна учитывались конкретные условия работы: климат, особенности местности конкретного региона и др. Применялась инновационная стратегия творческого взаимодействия дизайнеров, конструкторов, технологов и инженеров. Такой подход позволял опережать конкурентов за счет новаторского креативного партнерства отношений с клиентами и поставщиками, умения выбрать и реализовать инновационную стратегию компании, адаптироваться к новым изменениям в экономике в период кризиса.

За прошедший период исходная базовая модель Дон-1500Б прошла четыре вида модернизации, которые получили названия Vector, Acros, Torum, XXX. Со временем основные характеристики зерноуборочного комбайна значительно возросли. Так, инновационные затраты на НИР ежегодно со-

ставляли около 9 млн долл. Эти меры существенно повлияли на экономические показатели ООО «КЗ "Ростсельмаш"».

Компьютеры серии ЕС-ЭВМ, разрабатывавшиеся в СССР в 70–80 годы XX века, были основаны на использовании полупроводников в качестве элементной базы и обладали существенно более развитыми характеристиками (быстродействие, объем оперативной памяти и др.), чем ЭВМ предшествующего поколения, основанного на использовании электронных ламп. Однако разработка персональных компьютеров (ПК) в конце 80-х – начале 90-х годов, существенно превосходивших компьютеры серии ЕС по быстродействию, объему памяти, возможности быстрого ввода данных и проч., сделала процесс применения и совершенствования компьютеров серии ЕС-ЭВМ бесполезным, а полупроводниковые компьютеры – GC неконкурентоспособными по сравнению с ПК, созданными на базе микроэлектроники (рис. 7).



Разработано авторами по материалам: Дмитриевский А.Н., Комков Н.И., Мастепанов А.М., Кротова М.В. Ресурсно-инновационное развитие России / под ред. А.М. Мастепанова, Н.И. Комкова. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. 734 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23851667&>.

Рис. 7. Схема освоения технологий поколения создания серии ЕС-ЭВМ и отбора жидких углеводородов из попутного газа

Developed by the authors based: Dmitrievsky A.N., Komkov N.I., Mastepanov A.M., Krotova M.V. Resource-innovative development of Russia / Ed. A.M. Mastepanov, N.I. Komkov. Izhevsk: Institute for Computer Research, 2013. 734 p.

Fig. 7. Scheme for the development of generation technologies for the creation of an EC-computer series and the selection of liquid hydrocarbons from associated gas

Использовавшиеся в СССР и РФ технологии и поставки природного газа по системе магистральных газопроводов в основном предполагали оценку газа и очистку его от механических примесей. При этом поставляемый потребителю газ, предназначенный для сжигания, содержал такие важные компоненты как этан, пропан, бутан и др., которые являются ценным сырьем для производства разнообразных полимеров. Технологии выделения из состава природного газа этих компонентов известны. Они основаны на использовании криогенных технологий и широко применяются потребителями¹³

(см. рис. 7). В то же время, сами компоненты, а также их транспорт до границы РФ, для западных потребителей поставлялись бесплатно. Только в начале 2019 года ПАО «Газпром» сообщил о создании завода по отбору ценных компонентов из природного газа, поставляемого в Китай. Также сообщалось, что в проекте строительства газо-химического комплекса в Ленинградской области исходное сырье для него будет поставляться при его отборе по «Северному потоку-2».

¹³ Лопатников Л.И. Краткий экономико-математический словарь. М.: Наука, 1979. 358 с.; Дмитриевский А.Н., Комков Н.И., Мастепанов А.М., Кротова М.В. Ресурсно-инновационное развитие России / под ред. А.М. Мастепанова, Н.И. Комкова. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. 734 с.

Выводы

1. Показана необходимость обоснования, разработки и освоения отечественных технологий новых поколений, базирующихся на поиске инновационных идей и инновационных решений, способных обеспечить конкурентоспособность и технологическую независимость отечественной экономики.
2. Разработана информационно-логическая модель управления развитием инновационных технологий, а также обоснована последовательность этапов разработки и реализации технологии нового поколения.
3. Предложен подход к управлению разработкой и созданием технологий нового поколения, который предполагает рассмотрение процессов принятия решений с учетом индекса потенциала конкурентоспособности и показателя интенсивности финансирования проектов технологий нового поколения.
4. Для обеспечения конкурентоспособного превосходства создаваемых и модернизируемых технологий сформулирована задача максимально быстрой разработки и освоения технологий нового поколения при имеющихся ограничениях на кадровые, материальные и финансовые ресурсы.
5. Разработанный подход к управлению созданием и модернизацией технологий нового поколения позволяет активно влиять на процессы инновационного развития и дополняет существующие способы ретроспективного анализа и прогнозирования процессов освоения новых технологий.

Список литературы

1. Ивантер В.В., Белоусов Д.Р., Блохин А.А. и др. Структурно-инвестиционная политика в целях устойчивого роста и модернизации экономики. Научный доклад / Руководитель и отв. редактор академ. В.В. Ивантер. М.: ИНП РАН, 2017. 34 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30498120>
2. Ивантер В.В. Возможности ускорения темпов экономического роста в России // Общество и экономика. 2019. № 7. С. 5–11. <https://doi.org/10.31857/S020736760005829-0>. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39545403>
3. Сахал Д. Технический прогресс: концепции, модели, оценки / пер. с англ. Ю.А. Данилова, О.И. Соколова; под ред. А.А. Рывкина. М.: Финансы и статистика. 1985. 367 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001286223>
4. Solow R.M. A Contribution to the Theory of Economic Growth // The Quarterly Journal of Economics. 1956. Vol. 70. № 1. P. 65–94. URL: <http://www.econ.nyu.edu/user/debraj/Courses/Readings/Solow.pdf>
5. Солоу Р.М. Теория роста // Панорама экономической мысли конца XX столетия / под ред. Д. Гринауэя. Т. 1. СПб.: Экономическая школа, 2002. С. 479–506. URL: <http://www.seinst.ru/files/SolowEcGrowth.pdf>
6. Martino Дж. Технологическое прогнозирование: пер. с англ. М.: Прогресс, 1977. 592 с. URL: <https://booksee.org/book/487463>
7. Mensch G. Das technologische Patt: Innovationen überwinden die Depression. Frankfurt a. Main: Umschau-Verlag, 1975. 287 s.
8. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса: пер. с англ.; общ. ред. и предисл. Д.М. Гвишиани. М.: изд-во «Прогресс», 1970. 568 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007037651>
9. Санто Б. Инновация как средство экономического развития: пер. с венг. С. Завялова; с изм. и доп. авт.; под общ. ред. и вступ. ст. Б.В. Сазонова. М.: Прогресс, 1990. 296 с.
10. Яковец Ю.В. Глобальные экономические трансформации XXI века. М.: Экономика, 2011. 382 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004892500>
11. Reddy A.K. Problems in the Generation of Appropriate Technologies. In: Robinson A. (eds) Appropriate Technologies for Third World Development. International Economic Association Series. Palgrave Macmillan, London, 1979. P. 173–189. https://doi.org/10.1007/978-1-349-03931-9_8
12. Варшавский А. О стратегии научно-технологического развития российской экономики // Общество и экономика. 2017. № 6. С. 5–27. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29364765>
13. Шульц В.Л., Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шелков А.Б., Чернов И.В. Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально-экономических систем: В 2-х кн. / под ред. В.Л. Шульца и В.В. Кульбы; Российская академ. наук, Центр исслед. проблем безопасности, Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова. М.: Наука, 2012. Кн. 1 – 304 с.; Кн. 2 – 358 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19980787>; <https://search.rsl.ru/ru/record/01005449852>
14. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Механизмы выполнения оборонного заказа с точки зрения системного анализа // Вестник Российской Академии наук. 2017. Т. 87. № 2. С. 136–144.

<https://doi.org/10.7868/S0869587317020049>.
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28919425>

15. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Мир, 1985. 467 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001243202>

16. Цыганов В.В. Адаптивные механизмы и высокие гуманитарные технологии. Теория гуманитарных систем. Монография. М.: Альма Матер, 2012. 346 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20115626>

Поступила в редакцию: 14.11.2019; одобрена: 18.02.2020; опубликована онлайн: 25.03.2020

Об авторах:

Комков Николай Иванович, заведующий лабораторией организационно-экономических проблем управления научно-техническим развитием, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук (117418, Москва, Нахимовский проспект, д. 47), доктор экономических наук, профессор, **Scopus Author ID: 25655112100**, komkov_ni@mail.ru

Сутягин Владлен Васильевич, ведущий научный сотрудник лаборатории организационно-экономических проблем управления научно-техническим развитием, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук (117418, Москва, Нахимовский проспект, д. 47), доктор технических наук, профессор

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- Ivanter V.V., Belousov D.R., Blokhin A.A. et al. Structural and investment policy for sustainable growth and modernization of the economy. Scientific report / Supervisor and Ed. V.V. Ivanter. Moscow: INP RAS, 2017. 34 p. (In Russ.)
- Ivanter V.V. On the opportunities for the acceleration of economic growth in Russia. *Society and Economics*. 2019; (7):5–11. <https://doi.org/10.31857/S020736760005829-0> (In Russ.)
- Sahal D. Patterns of technological innovation. New York University: Addison Wesley Publishing Company, Reading, MA. 1981. 381 p. (In Eng.)
- Solow R.M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*. 1956; 70(1):65–94. Available at: <http://www.econ.nyu.edu/user/debraj/Courses/Readings/Solow.pdf> (In Eng.)
- Solow R.M. Growth Theory. In: Panorama of Economic Thought at the End of the 20th Century / Ed. by D. Greenaway. Vol. 1. St. Petersburg: School of Economics, 2002. P. 479–506 (In Russ.)
- Martino J. Technological forecasting for decision-making. New York: American Elsevier Pub. Co., 1972. 750 p. Available at: https://openlibrary.org/books/OL5710125M/Technological_forecasting_for_decisionmaking (In Eng.)
- Mensch G. Das technologische Patt: Innovationen überwinden die Depression. Frankfurt a. Main: Umschau-Verlag, 1975. 287 s. (In Germ.)
- Jantsch E. Technological Forecasting in Perspective. A Framework for Technological Forecasting, its Techniques and Organisation. Paris: O.E.C.D., 1967. 401 p. Available at: <http://en.lapropective.fr/dyn/anglais/memoire/prevtechen.pdf> (In Eng.)
- Szántó B. Innovation as a means of developing the economy: Theoretical-methodological examination of technical development. Budapest, 1985. 264 p. (Russ. ed.: Szántó B. Innovatsiya kak sredstvo ekonomicheskogo razvitiya. Moscow: Progress Publ., 1990. 296 p.). Available at: https://openlibrary.org/books/OL2319904M/Innova%CC%81cio%CC%81_a_gazdasa%CC%81g_fejleszt%CC%81se%CC%81nek_eszko%CC%88ze (In Hung.)
- Yakovets Yu.V. Global economic transformations of the 21st century. Moscow: Economics, 2011. 382 p. (In Russ.)
- Reddy A.K. Problems in the Generation of Appropriate Technologies. In: Robinson A. (eds) *Appropriate Technologies for Third World Development. International Economic Association Series*. Palgrave Macmillan, London, 1979. P. 173–189. https://doi.org/10.1007/978-1-349-03931-9_8 (In Eng.)
- Varshavsky A. On the strategy of scientific and technological development of the Russian economy. *Society and Economics*. 2017; (6):5–27 (In Russ.)
- Shults V.L., Kulba V.V., Kononov D.A., Kosyachenko S.A., Shelkov A.B., Chernov I.V. Models and methods of analysis and synthesis

- of scenarios for the development of socio-economic systems: In 2 books / ed. by V.L. Schulz and V.V. Kulby; Russian Acad. Sciences, Center for Research. Security Problems, Institute of Management Problems them. V.A. Trapeznikova. Moscow: Nauka, 2012. Book 1 – 304 p.; Book 2 – 358 p. (In Russ.)
14. Ivanov V.V., Malinetsky G.G. Mechanisms for the Implementation of the Defense Order: System Analysis and Modeling. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk = Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2017; 87(2): 136–144. <https://doi.org/10.7868/S0869587317020049> (In Russ.)
 15. Moiseev N.N. Mathematical problems of system analysis. Moscow: Mir, 1985. 467 p. (In Russ.)
 16. Tsyganov V.V. Adaptive mechanisms and high humanitarian technologies. Theory of humanitarian systems. Monograph. Moscow: Alma Mater, 2012. 346 p. (In Russ.)

Submitted 14.11.2019; revised 18.02.2020; published online 25.03.2020

About the authors:

Nikolay I. Komkov, Head of Laboratory Organizational and Economic Problems of Management of Scientific and Technological Development, Institute of Economic Forecasting (47, Nakhimovsky prospect, Moscow, 117418), Moscow, Russian Federation, Doctor of Economic Sciences, Professor, **Scopus Author ID: 25655112100**, komkov_ni@mail.ru

Vladilen V. Sutyagin, Leading Researcher, Laboratory Organizational and Economic Problems of Management of Scientific and Technological Development, Institute of Economic Forecasting (47, Nakhimovsky prospect, Moscow, 117418), Moscow, Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor

All authors have read and approved the final manuscript.

