

ИННОВАЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ТРИЗ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ВЕРИФИКАЦИИ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

С.С. Голубев, нач. отд.– зам. рук. Центра прогнозирования развития науки, техники и технологий, ФГУП «ЦНИИ «Центр», д-р экон. наук., проф., sergei.golubev56@mail.ru
А.Л. Афанасьев, рук. Центра прогнозирования развития науки, техники и технологий, ФГУП «ЦНИИ «Центр», канд. техн. наук, fa169@mail.ru

Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на долгосрочный период играет важную роль при формировании научно-технологической политики и определении приоритетов в развитии науки, техники и технологий. При его разработке используются современные методы прогнозирования, основанные на экспертных оценках, внедрении машинных методов поиска и обработки информации. Вместе с тем экспертные инструменты прогнозирования отличаются субъективизмом, зависимостью результатов прогноза от качества экспертов, допускают факты лоббирования личных интересов. Они характеризуются сложностью организации процедур экспертизы и не могут обеспечить полноценный анализ трендов, спрогнозировать точки начала и смены технологий. Системы комплексного управления большими массивами данных (Big Data) нивелируют часть указанных недостатков экспертных инструментов прогнозирования, однако они носят узкоспециализированный характер, ориентированы на конкретных пользователей, а разработка таких систем требует значительных финансовых затрат и времени.

Авторами предлагается повысить качество научно-технологических прогнозов, получаемых в результате форсайт-исследований методом экспертных процедур, путем дополнительного использования при прогнозировании инструментов теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Это способствует повышению качества экспертизы благодаря развитию творческого потенциала экспертов, а результаты прогнозов базируются не только на субъективном мнении эксперта, но и соотносятся с объективными законами развития технических систем. Это безусловно будет способствовать повышению качества прогнозов.

В статье предложены алгоритмы использования инструментов ТРИЗ как для разработки прогнозов научно-технологического развития, так и их верификации. Материал иллюстрируется соответствующими примерами. Приводится описание существующей методологии прогнозирования развития науки и техники в интересах обеспечения безопасности государства, раскрываются вопросы оценки качества прогнозов, эффективности формирования научно-технических заделов, путей верификации прогнозной информации и оценки уровней готовности технологий.

Ключевые слова: прогноз; верификация; методы прогнозирования; теория решения изобретательских задач; законы развития технических систем.

THE APPLICATION OF TRIZ TOOLS FOR THE DEVELOPMENT AND VERIFICATION OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL FORECASTS

S.S. Golubev, Head of Department – Deputy Head, Center of Forecasting of Development of Science, Engineering and Technology, Federal State Unitary Enterprise «Central Research Institute “Center”», Ph.D., Professor, sergei.golubev56@mail.ru

A.A. Afanasyev, Head of Center, Forecasting of Development of Science, Engineering and Technology, Federal State Unitary Enterprise «Central Research Institute “Center”», Doctor of Engineering, afal69@mail.ru

Long-term forecast of scientific and technological development of the Russian Federation plays an important role in the formation of scientific and technological policy and in determining priorities in the development of science, engineering and technology. Its development uses modern methods of forecasting based on expert assessments, the introduction of machine methods of search and processing of information. However, expert forecasting tools differ in subjectivity, dependence of the forecast results on the quality of experts, allow facts of lobbying of personal interests. They are characterized by the complexity of the organization of examination procedures and can not provide a full analysis of trends, predict the starting point and the change of technology. The systems of complex management of large data sets (Big Data) neutralize some of these disadvantages of expert forecasting tools, but they are highly specialized, focused on specific users, and the development of such systems requires significant financial costs and time.

The authors propose to improve the quality of scientific and technological forecasts obtained as a result of foresight studies by expert procedures, by additional use in predicting the tools of the theory of inventive problem solving (TRIZ). This contributes to improving the quality of expert examination through the development of the creative potential of experts, and the results of forecasts are based not only on the subjective opinion of the expert, but also relate to the objective laws of the development of technical systems. This will certainly contribute to improving the quality of forecasts.

The article proposes algorithms for using TRIZ tools for both the development of forecasts of scientific and technological development and their verification. The material is illustrated with relevant examples. The article describes the existing methodology for forecasting the development of science and technology in the interests of state security, reveals the issues of assessing the quality of forecasts, the efficiency of the formation of scientific and technological reserves, ways to verify forecast information and assess the levels of readiness of technology.

Keywords: prediction; verification; forecasting methods; theory of inventive problem solving; the laws of development of technological systems.

Введение

В мировой экономике растет интерес к научно-технологическому прогнозированию. Также прогнозы используются при формировании стратегий развития, подготовки программ и корпоративных планов. Результативность прогнозов во многом определяется используемыми методами и формами организации прогнозов [15, с. 23].

В мире разрабатывается около 700 прогнозов научно-технологического развития, из которых около 230 разрабатывается в США, а 130 — в Европе. В США прогнозирование считается одной из важнейших форм регулирования экономики [13, с. 93–11]. При этом для формирования прогнозов привлекаются авторитетные ученые, разработчики технологий, бизнесмены и практики.

Исследование общего состояния прогностической деятельности в основных странах Евросоюза свидетельствует о более быстром и масштабном развитии форсайт-исследований по сравнению с другими известными традиционными формами прогнозов. Сегодня они получили широкое распространение и признание в качестве одного из важнейших инструментов формирования государственной экономической политики в странах Западной Европы [16, с. 15].

Организация и методика форсайт-исследований, осуществляемых в отдельных европейских странах, существенно различаются. Имеющаяся информация позволяет показать ха-

ракетные особенности проведения этих работ в странах, считающихся лидерами в области европейской прогностической деятельности: в Великобритании, Нидерландах, Германии, Швеции, Финляндии, а также провести их сравнительный детальный анализ, прежде всего – для Франции, Испании, Италии и Португалии. В этих странах наблюдаются существенные различия в проведении форсайт-исследований по целому ряду параметров. Изучение же практики форсайт-прогнозирования в этих странах именно в период его становления представляется сегодня чрезвычайно актуальным с точки зрения возможности использования столь востребованного инструмента в российских условиях.

Так, особенностью становления форсайт-исследований в Германии являлось их совместное выполнение с Японией в рамках германо-японского сотрудничества. Такое кооперирование было вызвано желанием германской стороны перенять опыт Японии в использовании метода Дельфи, в разработке и применении которого она считается мировым лидером. Метод технологического прогноза Дельфи является ключевым, используемым в японском Форсайте. Разработанная в США в конце 1950-х годов для развития оборонного сектора эта методология в Японии была усовершенствована, переориентирована на социально-экономические цели страны и часто используется как синоним Форсайта.

Важнейшей исследовательской задачей остается разработка общей методологии мониторинга технологических трендов [14, с. 23]. Такая методология может включать в себя методы выявления зарождающихся технологий, технологических решений существующих проблем, исследовательских фронтов, потенциальных исследовательских областей и других типов трендов.

Различия в процессе технологического мониторинга обусловлены не только постановкой задачи, но и источниками данных и используемыми методами их анализа. На рис. 1 показаны возможные развилки на всех этапах мониторинга технологических трендов. Как видно из рисунка, процесс мониторинга зависит от выбранного типа тренда (зарождающиеся технологии, исследовательские фронты, технологические решения, потенциальные исследовательские области и т. д.); источников информации (базы данных публикаций, патентов, новостей и т. д.); методов ее извлечения (широкий тематический запрос (например, «nanotechnology»), список ключевых слов либо определенный признак); единиц анализа (отдельный документ, структурированные или неструктурированные данные, исходные тексты) и методов обработки и валидации выявленных трендов (количественные, качественные либо их комбинация) [17, с. 14].

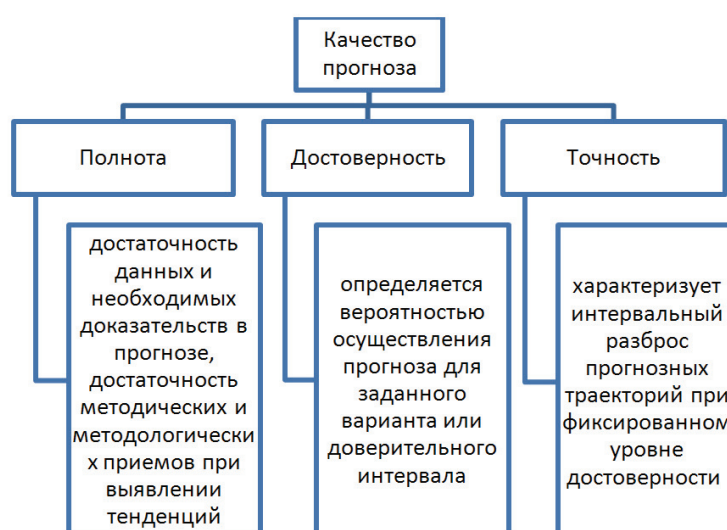


Рис. 1. Основные характеристики качества прогноза

В основе прогнозирования «дельфийским методом» лежит ничто иное, как сводки и группировки статистической информации. Поверхностное знакомство с результатами группировки не может в принципе обеспечить полноценный анализ трендов, тем более – спрогнозировать т.н. «точки реверса», или окончания и смены главенствующих технологий. Поверхностный подход к методологическому обеспечению не создает встроенных фильтров для отсеивания недостоверного прогноза из-за попадания в исходный материал информации, в пропаганде которой заинтересованы компании-держатели ныне действующих технологий. Экспертные инструменты прогнозирования отличаются ограниченным охватом данных, субъективизмом, лоббированием личных интересов, зависимостью результатов прогноза от качества экспертов, их репутации, творческого воображения и потенциала, а также сложностью организации обработки результатов опросов и процедур экспертизы. Это требует совершенствования методов прогнозирования.

Ответом на эти проблемы становится создание систем комплексного управления большими массивами данных (Big Data). Современный уровень развития информационных технологий позволяет быстро и качественно анализировать большие объемы данных, нивелируя при этом указанные недостатки экспертных инструментов прогнозирования.

Однако на сегодняшний день системы интеллектуального анализа больших массивов данных, позволяющие интегрировать разнородные неструктурированные данные и извлекать из них значимые выводы, носят, как правило, узкоспециализированный характер с ориентацией на конкретных пользователей, а разработка таких систем остается исключительно капиталоемкой задачей и требует значительных затрат времени.

Авторами предлагается повысить качество современных научно-технологических прогнозов, получаемых в результате форсайт-исследований методом экспертных процедур путем дополнительного использования при прогнозировании инструментов теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Это способствует повышению качества экспертов благодаря развитию их творческого воображения и потенциала, результаты прогнозов основываются не только на субъективном мнении эксперта, но и соотносятся с независимыми от их мнения объективными законами развития технических систем. Это безусловно будет способствовать повышению качества прогнозов.

Первая работа по использованию ТРИЗ для прогнозирования развития технических систем была написана Г. Альтшуллером [2, с. 190]. В ней были рассмотрены классические способы прогнозирования с использованием законов развития технических систем (ЗРТС).

Далее совершенствование методики прогнозирования шло путем усовершенствования системы ЗРТС и технологии прогнозирования [8, с. 93]. Для повышения эффективности методики прогнозирования и улучшения верификации прогноза автором были разработаны законы развития потребностей [9, с. 46–48] и функциональный подход [10, с. 17–25]. Они использовались для выявления тенденций развития будущих потребностей и построения функциональной модели будущей системы.

Данная статья – совершенствование современных форсайт-исследований методом экспертных процедур путем использования экспертами современного инструментария ТРИЗ при разработке и верификации прогнозов научно-технологического развития Российской Федерации.

В настоящее время научно-технологическое прогнозирование в Российской Федерации является неотъемлемой частью формирования политики в сфере обороны и обеспечения безопасности государства, а разнообразные прогнозные документы по итогам форсайт-исследований [12, с. 25, 11, с. 192], в том числе глобальные технологические тренды, сценарии, технологические дорожные карты и перечни критических технологий служат основой для разработки соответствующих долгосрочных стратегий и программ развития.

Научно-технологическое прогнозирование является ключевым условием для формирования научно-технического задела в интересах создания перспективных образцов техники [3,

с. 63–77]. Известно, что стоимость работ на каждой последующей стадии жизненного цикла техники возрастает примерно на порядок, поэтому накопление научно-технических результатов и формирование научно-технического задела на ранних стадиях развития ВВСТ всегда предпочтительнее, чем на более поздних стадиях. Это обусловлено тем, что более ранний отказ от реализации неэффективных проектов приводит к наименьшим затратам, а научно-технические решения на этих стадиях имеют наиболее высокий потенциал использования. В связи с этим возрастает роль исключения системных ошибок и рисков при долгосрочном прогнозировании [18, с. 37–46] и повышения качества научно-технологических прогнозов.

Качество прогноза характеризуется такими основными характеристиками, как надежность, точность, достоверность (рис. 1).

Прогноз будет не полным, если он подготовлен не по всем пунктам и подпунктам рубриката науки, техники и технологий. Так в научно-технологическом прогнозе развития России до 2025 г. были упущены такие прорывные исследовательские направления как мемристорные микросхемы и когнитивные компьютеры. Результатом просчетов стало отставание России в этом исследовательском направлении на 6–8 лет от начала развития от развития этих технологий за рубежом, что является критическим фактором достижения технологического лидерства, а вместе с ним и занятия доли будущих рынков. Использование морфологического анализа позволяет увидеть все многообразие технических решений по исследуемой проблеме.

Достоверность прогноза определяется степенью его возможной реализации (осуществимости) при четком соблюдении заранее сформулированных условий. Этот показатель зависит от полноты и достоверности используемой информации, а также от правильности и корректности выбранной методики прогнозирования.

Точность прогноза характеризует интервальный разброс прогнозных траекторий при фиксированном уровне достоверности. Точность прогноза зависит от широты области исследования (чем она шире, тем больший объем информации необходим для обоснования прогноза и тем меньше точность его оценки), а также от побочных факторов, компетентности исполнителя, прогнозных моделей, исходных данных, четкости задания и пр.

Качество прогноза можно улучшить путем совершенствования методов экспертных процедур прогнозирования и верификации результатов прогнозной деятельности при использовании инструментов ТРИЗ.

Методология исследования – применение ТРИЗ для разработки и верификации результатов прогнозов

Верификация прогнозов – это специальная процедура, которая предусматривает определение степени достоверности, точности и обоснованности прогноза. Прямая верификация предполагает разработку прогноза методом, отличным от первоначального использования. В качестве такого метода авторами предлагается использовать ТРИЗ и закономерности развития технических систем [2, с. 190].

Закономерности развития технических систем соответствуют законам диалектики, но в ряде случаев противоречат друг другу. В этой связи будем подразумевать под ними только тенденции, тренды и закономерности. Тем более что развитие систем часто определяют и случайные события. Отслеживание технологических трендов и их влияния на развитие отраслей промышленности стимулирует спрос на долгосрочное научно-технологическое прогнозирование и способствует эффективному планированию и реализации научно-технической политики.

Известны результаты проведенных исследований, посвященных анализу технологических трендов, с использованием патентных данных [6, с. 72–79, 7, с. 64–83]. Для исследования динамики развития технологий авторы использовали результаты патентного анализа. Закономерности развития технических систем являются составной частью теории решения изобретательских задач, созданной на основании анализа патентной базы, и поэтому являются инструментом прогнозирования более высокого системного порядка, чем патентный анализ.

Методология прогнозирования предполагает включение инструментов ТРИЗ в процесс прогнозирования и верификации результатов прогноза. Это может осуществляться путем учета экспертами при разработке прогнозов закономерностей развития технических систем, а также использованием инструментария ТРИЗ как фильтра для отсеивания неэффективных прогнозных решений [19, с. 25–36].

Рассмотрим основные инструменты ТРИЗ, которые могут использоваться для разработки научно-технологических прогнозов и верификации их результатов.

Законы (закономерности) развития технических систем (ЗРТС) отражают принципы развития систем, причем не только технических, но и организационных, экономических и других.

ЗРТС являются определенным описанием естественного отбора в мире техники, который опирается на требования наилучшего удовлетворения потребностей общества в части более эффективной работы, наименьшего потребления ресурсов, сокращения отходов производства и т. д.

Усложнение техники и научных изысканий может приводить к подмене позитивных глобальных целей эгоистическими и корыстными интересами производителей продукции. Противостоять этим тенденциям может разработка прогнозистами и разработчиками ЗРТС, систем, которые отвечали бы критериям глобальной полезности.

Закономерности развития технических систем (ТС) были сгруппированы Г.С. Альтшуллером в три условные блока [2, с. 190, 5, с. 32]:

1. Статика – законы, определяющие условия существования, формирования и структуры ТС;
2. Кинематика – законы, определяющие развитие вне зависимости от воздействия физических факторов. Важны для периода начала роста и расцвета развития ТС;
3. Динамика – законы, определяющие закономерности развития ТС от воздействия конкретных физических факторов. Важны для завершающего этапа развития и перехода к новой системе (рис. 2).

Закон полноты частей системы подсказывает разработчику технической системы (под разработчиком будем понимать специалистов, формирующих прогноз направлений совершенствования технической системы), что нужно убедиться в присутствии в новой системе всех ее основных элементов: двигателя, трансмиссии и органа управления. Если один из этих элементов отсутствует, то система не совершенна и необходима ее доработка.

Закон энергетической проводимости подсказывает разработчикам, что для работоспособности ТС необходим сквозной проход энергии по всем ее частям, это необходимо и для ее управляемости.

Закон согласования частей системы предполагает, что для принципиальной жизнеспособности ТС необходимо производить согласование (или целенаправленное рассогласование) частоты колебаний ее частей или подсистем. Этот закон обеспечивает не только работоспособность ТС, но и формирует правильные пути ее развития.

Следующая группа ЗРТС связана с законами развития ТС, которое происходит по S-образной кривой в направлении повышения идеальности системы, при этом отмечается неравномерность развития частей системы.

Любое техническое новшество кроме положительного эффекта несет с собой и нежелательные последствия его использования. Например, распространение компьютеров открывает нам огромные возможности совершенствования различных областей деятельности, но при этом порождает проблему утилизации старых полупроводниковых элементов, которые содержат ядовитые вещества.

Если в прогнозируемых новых технических решениях разрешались технические противоречия, то создание новых технических решений идет в правильном направлении в соответствии с законами развития технических систем. Если разрешения технического противоре-

чия в новом техническом решении не происходило, то необходимо дополнительное исследование и анализ данного прогнозного направления развития техники и технологий.



Рис. 2. Закономерности развития технических систем

Рассмотрим методологию использования инструментов ТРИЗ при формировании прогнозов.

Алгоритм использования закона развития ТС при разработке научно-технологического прогноза представлен на рис. 3.

Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России направлен на парирование угроз в отставании технологий и образцов техники от зарубежных аналогов, а также парирования угроз национальной безопасности государства. Исходя из этого определяются цели и задачи совершенствования техники и технологий, которые решаются экспертами при формировании долгосрочного научно-технологического прогноза. Отличие данной методики от существующей заключается в том, что экспертам при формировании прогнозов кроме инструментариев аналитического прогнозирования дополнительно предлагаются инструменты теории решения изобретательских задач. Это способствует повышению качества экспертизы благодаря развитию творческого потенциала экспертов, а результаты прогнозов базируются не только на субъективном мнении эксперта, но и соотносятся с объективными законами развития технических систем. Это безусловно будет способствовать повышению качества прогнозов.

Инструменты ТРИЗ достаточно полно описаны в литературе. Особенности их использования для формирования и верификации научно-технологических прогнозов заключаются в том, что при формировании прогнозов используются системный подход и многоэкранный

схема мышления, а также инструменты создания технических решений, такие как приемы разрешения технических противоречий, идеальный конечный результат, вепольный анализ, стандарты и сам алгоритм решения изобретательских задач. Полученное новое техническое решение задачи подвергается функционально-стоимостному анализу. Это обеспечивает формирование качественного прогноза на высоком научно-техническом уровне, так как использование инструментов ТРИЗ при прогнозировании позволит экспертам разрабатывать прогнозы, которые могут быть патентоспособными и высокоэффективными.

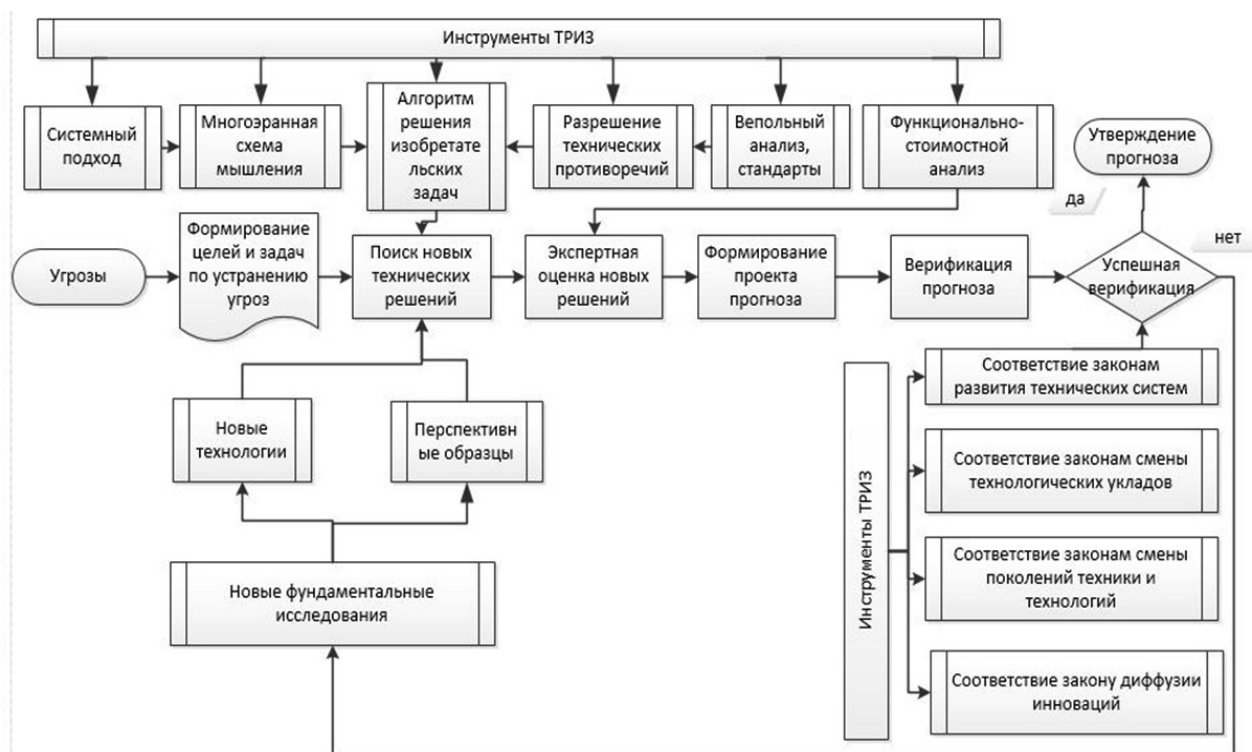


Рис. 3. Алгоритм использования инструментов ТРИЗ при формировании научно-технологических прогнозов

Затем сформированный научно-технологический прогноз подвергается обсуждению и верификации в соответствующих центрах компетенции, являющихся головными организациями по исследуемому направлению науки, техники и технологий.

При верификации сформированных прогнозов используются другие инструменты ТРИЗ, отражающие общие законы и закономерности развития науки, техники и технологий, а также законы инноватики. К ним относятся законы развития технических систем, законы смены технологических укладов, законы эволюционного развития техники и технологий, законы смены поколений техники и технологий, законы диффузии высоких и критических технологий [12, с. 1–24].

Жизненный цикл ТС можно представить в виде S-образной кривой, отражающей изменение главных характеристик системы (например, мощность, скорость, дальность, и т.д.), которые характеризуют степень идеальности системы.

Алгоритм верификации прогнозного научно-технологического решения на соответствие эволюционным законам развития технических систем представлен на рис. 4.



Рис. 4. Алгоритм верификации прогнозного научно-технологического решения эволюционному закону развития технических систем

При разработке и диверсификации прогнозов необходимо знать особенности «жизненных кривых» ТС, чтобы ответить на вопрос: совершенствовать ли старую ТС или перейти к новой ТС? [20, с. 15–23].

Для ответа на этот вопрос необходимо собрать сведения о ходе предыдущего развития ТС, а затем построить временной график изменения ее ГПФ (точность, скорость, мощность, и т.д.), как это представлено на рис. 5.

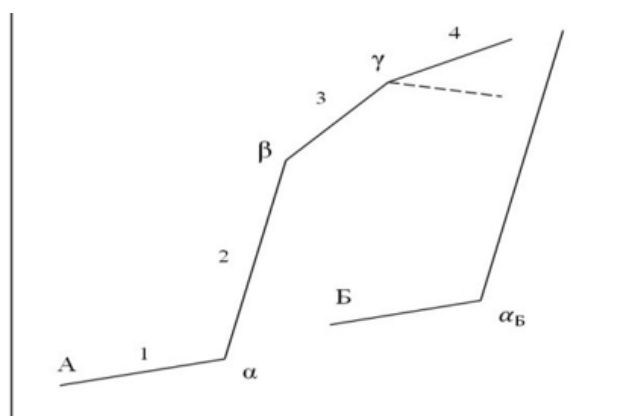


Рис. 5. Огрубленная кривая развития ТС

Затем необходимо определить местоположения существующей ТС на графике. Тут могут быть три случая:

1. Существующая ТС еще не дошла до точки α . Тогда необходимо определить эту точку α , причем это надо делать не по данным о новой системе, а по данным о развитии предшествующей ТС, а также учитывать тот факт, что развитие старой ТС происходит за счет финансовых интересов владельцев старой ТС и за счет нанесения вреда окружающей среде.

2. Если ТС прошла точку α , но не дошла до точки β , то прогнозирование состоит в определении уровней 2 и 3. Фактически необходимо определить только уровень 3, который определяется объективными факторами (например, различные барьеры – звуковой, тепловой, прочностной и т. д.

3. Если ТС прошла точку β (или γ), то в этом случае прогноз сводится к отысканию новой ТС и определения ее основных параметров.

Алгоритм использования закона развития ТС при верификации прогноза заключается в том, что эксперт при описании наиболее значимых результатов развития науки, технологий и техники, которые могут быть использованы в интересах безопасности Российской Федерации в программный период, должны указать в паспортах по заполнению прогноза не только сами результаты, но и ЗРТС, которым они соответствуют. Если такого ЗРТС ими не находится, то результаты подвергаются дополнительному уточнению или формируется новый прогнозируемый результат.

Результаты

Действие законов развития технических систем при прогнозировании развития науки, технологий и техники подтверждается множеством примеров.

Прогнозные исследования показывают, что главными целями научных исследований в области робототехники должны быть максимально полная реализация потенциальных возможностей образцов (комплексов) за счет рациональной передачи функций по обработке информации и управлению исполнительными устройствами от человека к специальным автоматическим (автономным) средствам, а также создание принципиально новых безлюдных технологий и средств проведения различных операций.

Повышение эффективности дистанционно-управляемых робототехнических комплексов возможно путем оснащения их интеллектуальными системами управления, позволяющими обеспечить частичную либо полную автономность их функционирования на основе автоматизации новых функционально-законченных режимов работы. Поэтому актуальной в долгосрочной перспективе остается проблема разработки методов и принципов построения интеллектуальных систем управления движением и работой мобильных робототехнических комплексов производственного и иного назначения, обеспечивающих их полуавтономное, а затем и автономное функционирование. Этот прогноз соответствует закону вытеснения человека из технической системы и поэтому может считаться вполне корректным.

Закон вытеснения человека из ТС ярко проявляется и при разработке прогнозов по созданию беспилотных летательных аппаратов.

В настоящее время в США разработано около 1000 «дорожных карт», связанных с нанотехнологиями и производством наноматериалов. По мнению большинства экспертов принципиальные изменения в области нанонауки и нанотехнологии будут после 2017 г. Наиболее значительное использование нанотехнологий отмечается в области электроники. Нанотехнологическая электроника уже сегодня динамично и стремительно развивается: изучаются электронные и ионные процессы в газах и проводниках, рассматривается применение новых электронных приборов и устройств в различных отраслях экономики.

Законы развития технических систем говорят о переходе от обычных систем к молекулярным. В связи с этим эксперты закономерно утверждают о четвертом этапе развития нанотехнологий, как этапе «молекулярных наносистем» или «радикальных нанотехнологиях». Они по прогнозам экспертов начнут появляться после 2020 г. Сегодня они существуют только в виде концепций и прогнозных проектов. К ним относятся молекулярные устройства, атомный дизайн и т. д. [1, с. 72–80].

Имеют место также и прогнозы, которые не учитывают ЗРТС. Так в России и за рубежом активно ведутся работы по созданию высокоскоростных бесконтактных синхронных машин с постоянными магнитами. Так, например, в Дармштадском университете технологии была

спроектирована и изготовлена синхронная машина с постоянными магнитами мощностью 40 кВт на частоту вращения 40000 об/мин.

В США исследовательским центром НАСА для привода маховика применен синхронный электродвигатель с постоянными магнитами мощностью 3 кВт, работающий в диапазоне частот вращения от 6000 до 60000 об/мин.

В соответствии с прогнозом одним из возможных путей улучшения энергетических показателей (снижение потребляемого тока и потерь) является переход к повышенному напряжению питания. В настоящее время на ПЭС предлагается поднять уровень напряжения переменного тока в два раза (со 115/200 В до 230/400 В), а постоянного тока – в десять раз (с 27 А до 270 А) по отношению к общепринятым в настоящее время уровням. В прогнозе предлагается повысить уровень напряжения постоянного тока до 540 В, а также улучшения массогабаритных показателей следующими путями:

1) Средством миниатюризации электродвигателя является использование постоянных магнитов с максимальной удельной энергией. Это позволяет получить максимальную удельную мощность электрической машины.

2) Применение сборной конструкции магнитной системы электродвигателя, оптимизированной с помощью математического моделирования с целью повышения полезного магнитного потока и электромагнитного момента при меньшем объеме, размерах и массе ротора.

3) Повышение частоты вращения электродвигателя и использование редукторов с большими передаточными числами.

4) Уменьшение массы и повышение удельной мощности за счет повышения электромагнитных нагрузок при использовании эффективных способов охлаждения.

В научно-технологических прогнозах предлагается для быстрого изменения положения диаграммы направленности излучателей радиопередатчика повысить напряженность электромагнитного поля в заданном направлении, для повышения эффективности передачи информации работать в двух направлениях на двух частотах.

Данные прогнозы связаны с количественным ростом напряжения питания объекта, использованием постоянных магнитов с максимальной удельной энергией, использованием редукторов с большими передаточными числами и т. д., что не соответствует ни одному из законов развития технических систем. Опыт увеличения отдельных характеристик объекта в будущем говорит о неправильном развитии объекта и, как правило, заканчивается печально (пример: рост вместимости барж, перевозивших нефть, закончился катастрофой).

В прогнозах научно-технологического развития часто можно увидеть наличие технического противоречия в ТС, которое не разрешается известными инструментами ТРИЗ, а предлагается создание сложного комбинированного изделия. Так, известно, что в ДКМВ диапазоне возможно достичь значительной дальности радиосвязи (до нескольких тысяч километров) за счет использования отраженной от ионосферы волны. При этом диапазон частот, в котором имеется возможность передавать информацию, остается ограниченным, при этом из-за глобального использования данного диапазона волн в спектре принимаемого сигнала имеется большое количество помех, что приводит к существенному ограничению абонентской емкости и пропускной способности системы связи. В МВ диапазоне волн сигнал распространяется поверхностной волной и может огибать препятствия соизмеримые с длиной волны (не более 10–20 метров), при этом достигается дальность связи до 40 км, помеховая обстановка в данном диапазоне является более щадящей по сравнению с ДКМВ диапазоном и более широкий диапазон частот позволяет достигать большей пропускной способности системы связи, при передаче близко расположенным абонентам. ДЦВ диапазон обладает еще большей пропускной способностью, но сигнал при этом распространяется в прямой видимости. Авторами прогноза было предложено комбинирование различных диапазонов волн в одном универсальном приеме-передающем устройстве, использующем наи-

лучшим образом свойства всех диапазонов волн, и не рассмотрены возможности инструментов ТРИЗ по разделению противоречивых свойств в пространстве, времени, в фазовых переходах.

В прогнозе развития методов и средств приема и обработки информации не заявлено ни одной работы по созданию единых интегральных полей пассивной локации, которые могут строиться на основе мобильных комплексов пассивной локации. Закон развития ТС говорит о необходимости свертывания системы и переходу к интегральной системе, которая отличаются практически неограниченным пространственным размахом, высокой степенью достоверности данных, высокой живучестью и способны создавать информационное обеспечение в интересах различных потребителей.

Обсуждение результатов

При создании новых и совершенствовании имеющихся ТС необходимо учитывать последовательность этапов. Иначе неизбежны неудачи. Нельзя, например, переходить с первого этапа на третий, минуя второй.

В конце 1920-х годов конструкторы начали создавать «динамичные» танки: по дорогам они двигались на колесах, а по бездорожью на гусеницах. Между тем, танки не прошли еще второй этап, была еще не ясна их структура. Сколько должно быть башен – одна (Т-34) или много (пять башен на Т-35)? Как расположить вооружение – в один ярус или несколько? Каков оптимальный размер танка и что сильнее – много танкеток или один супертанк? Эти вопросы еще не были решены, и преждевременно появившиеся «динамичные» танки оказались неудачными.

Если система находится на первом этапе, нельзя переходить к массовому внедрению. Если система не вступила в третий этап, нельзя образовывать из системы надсистему. В 30-е годы делались попытки составить надсистему из самолетов: под крыльями тяжелого бомбардировщика укреплялись истребители, а другие истребители размещались на крыльях.

Мы привыкли считать, что чем мощнее машина, тем лучше. А закономерности развития технических систем вносят поправку, машина – это плата за определенный результат, и желательно, чтобы эта плата была как можно меньше. В идеале платы вообще не должно быть, хотя результат должен быть получен [4, с. 44].

Если жизнь ТС подчинена законам, то значит, что с момента появления новой системы можно составить план ее развития, заранее определив, какие этапы предстоит пройти системе и какие задачи возникнут на том или ином этапе. Для зрелой системы характерны конфликты с окружающей средой. Так, в 20-е годы никто не думал, что быстрый рост числа автомобилей и увеличение мощности их двигателей приведут к загрязнению атмосферы в городах. Сейчас приходится решать неотложные задачи, а можно было начать решать их полвека назад.

Аналогичная ситуация складывается с лазерной техникой. Сегодня она молода, квантовые генераторы сравнительно малочисленны и слабы. Но квантовая оптика находит все новое и новое применение, мощность генераторов быстро растет. Между тем, при высокой мощности лазерный луч вызывает химические реакции в воздухе, образуются вредные соединения. Значит уже сегодня надо предвидеть, ставить и решать задачи по предупреждению практически пока незаметного лазерного загрязнения атмосферы.

Выводы

Таким образом, в настоящее время для обеспечения стратегического лидерства промышленные компании должны постоянно актуализировать сведения о развитии технологических трендов, о новых возможностях по освоению рыночных ниш, образующихся вследствие ускорения генерации научных знаний [11, с. 192]. Для достижения указанной цели и решения перечисленных задач необходима выработка инструментария, способного обеспе-

чить оценку глобальной конкурентоспособности российских промышленных компаний. Эффективное обоснование научно-технологической политики должно основываться на реальной конкурентоспособности России для разных технологий и для каждой стадии жизненного цикла создаваемой технологии или продукта.

Предложения авторов по интеграции инструментов ТРИЗ в национальную систему определения приоритетных технологических направлений позволит сократить ошибки по выбору числа приоритетных (перспективных) технологических направлений, на базе которых в Российской Федерации будут формироваться новые индустрии.

Знание закономерностей развития технических систем позволяет разработчикам определить и точно сформулировать высокоэффективные задачи. Только сочетание всех инструментов прогнозирования позволит сосредоточить ограниченные финансовые ресурсы на развитии именно тех критических технологий, которые в перспективе могут создать новые индустрии для формирования доходных статей бюджета Российской Федерации.

Список литературы

1. Азоев Г.Л. и др. Рынок нано: от нанотехнологий к нанопродуктам: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. С. 72–80.
2. Альтшуллер Г.С. О прогнозировании развития технических систем. Баку, 1975. 129 с.
3. Голубев С.С. Теория решения изобретательских задач и бизнес. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing. 2017. С. 63–77.
4. Завьялов А.Б. и др. Закономерности развития технических систем. Красногорск: ГНМЦ. 1991. С. 44.
5. Злотин Б.Л., Чистов А.И. Школа. Законы предвидения // ИР № 2. 1991. С. 32.
6. Мадвар М.Д. и др. Патентный анализ жизненного цикла технологий (на примере нефтяного сектора) // Форсайт, 2016, Т. 10, № 4. С. 72–79.
7. Микова Н., Соколова А. Мониторинг глобальных технологических трендов: теоретические основы и лучшие практики // Форсайт, 2014, Т. 8, № 4. С. 64–83.
8. Петров В.М. Система законов развития техники как инструмент прогнозирования. Методы прогнозирования на основе ТРИЗ // Сборник научных трудов. Библиотека Саммита разработчиков ТРИЗ, СПб 2010. Вып. 3. С. 93.
9. Петров В.М. Законы развития потребностей // Труды Международной конференции МА ТРИЗФест, СПб., 2005. С. 46–48. URL: <http://www.trizland.ru/trizba.php?id=255>.
10. Петров В.М. Закономерности развития функций. Тель-Авив, 2002. URL: <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/zrts-05-function.pdf>.
11. Соколова А.В., Микова Н.С., Гутарук Е.В. и др. Глобальные технологические тренды / Под ред. Л.М. Гохбера. М.: НИУ ВШЭ (2016).
12. Селиванов С.Г., Поезжалова С.Н., Шайхулова А.Ф. Законы и закономерности инноватики // Инноватика и экспертиза, 2018, Вып. 2 (23). С. 10–24.
13. Cuhls K. From Forecasting to Foresight Processes. New Participative Foresight Activities in Germany // Journal of Forecasting, 2003, 22. Pp. 93–111.
14. Deloitte Tech Trends 2012: Elevate IT for digital business. Available at: http://www.deloitte.com/assets/Dcom-nitedStates/Local%20Assets/Documents/us_cons_techtrends2012_013112.pdf.
15. Dollinger M. Entrepreneurship: Strategies and Resource. Prentice Hall: 2003. Pp. 34–45.
16. FUTUR – German Research Dialogue. Foresight Brief № 01. The European Foresight Monitoring Network, 2006. Pp. 34–43.
17. Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2014. Available at: <http://www.gartner.com/technology/research/top-10-technology-trends>.
18. Golubev S.S., Chebotarev S.S., Sekerin V.D., Gorokhova A.E. Development of Employee Incentive Programmes with Regard to Risks Taken and Individual performance // International Journal of Economic Research, 2017, Vol. 14, Issue 7. Pp. 37–46.

19. Linde H., Hill B. Erfolgreich erfinden. Widerspruchsorientiert Innovationsstrategie für Entwickler und Konstrukteure. Hoppenstedt Technik Tabellen Verlag, Darmstadt, 1993. Pp. 34–67.

20. MIT Emerging Trends Report Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology: 2013. Available at: http://2013.forinnovations.org/upload/MIT_Technology_Review.pdf.

References

1. Azoiev G.L. et al. (2011) *Rynok nano: ot nanotekhnologii k nanoproductam: Laboratorija znanij* [Market nano: from nanotechnology to nanoproducts] *BINOM* [BINOM. Laboratory of knowledge]. Moscow. Pp. 72–80.

2. Altshuller G.S. (1975) *O prognozirovanii razvitiya tehniceskikh sistem* [About forecasting of technical systems development] *Baku* [Baku]. 129 p.

3. Golubev S.S. (2017) *Teoriya resheniya izobretatel'skikh zadach i biznes* [The theory of inventive problem solving and business] *LAMBERT Academic Publishing* [LAMBERT Academic Publishing]. Saarbrücken. Pp. 63–77.

4. Zavalov A.B. et al. (1991) *Zakonomernosti razvitiya tehniceskikh sistem* [Laws of development of technical systems] *GNMC* [GNMC]. Krasnogorsk. P. 44.

5. Zlotin B.L., Chistov A.I. (1991) *Shkola. Zakony predvideniya* [School. Laws of foresight] *IL* [IL]. No. 2. P. 32.

6. Madwar M.D. et al. (2016) *Patentnyy analiz zhiznennogo tsikla tekhnologii (na primere neftyanogo sektora)* [Patent life cycle analysis of technologies (on the example of the oil sector)] *Forsayt* [Foresight]. Vol. 10, No. 4. Pp. 72–79.

7. Mikova N., Sokolov A. (2014) *Monitoring global'nykh tekhnologicheskikh trendov: teoreticheskie osnovy i luchshie praktiki* [Monitoring of global technology trends: a theoretical framework and best practice] *Forsayt* [Foresight]. Vol. 8, No. 4. Pp. 64–83.

8. Petrov V.M. (2010) *Sistema zakonov razvitiya tekhniki kak instrument prognozirovaniya. Metody prognozirovaniya na osnove TRIZ* [System of laws of technology development as a forecasting tool. Methods of forecasting based on TRIZ] *Sbornik nauchnykh trudov. Biblioteka Sammita razrabotchikov TRIZ* [Collection of scientific papers. The library of the summit of TRIZ developers]. St. Petersburg. Vol. 3. P. 93.

9. Petrov V.M. (2005) *Zakony razvitiya potrebnostey* [Fest Laws of needs development] *Trudy Mezhdunarodnoy konferentsii MA TRIZ* [Proceedings of the international conference MA TRIZfest]. St. Petersburg. Pp. 46–48. Available at: <http://www.trizland.ru/trizba.php?id=255>.

10. Petrov V.M. (2002) *Zakonomernosti razvitiya funktsiy* [Regularities of functions development]. Tel Aviv. Available at: <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/zrts-05-function.pdf>.

11. Sokolova A.V., Mikova N., Gusaruk E.V. et al. (2016) *Global'nye tekhnologicheskie trendy. Pod red. L.M. Gokhbera* [Global technology trends. Ed. by L.M. Gohberg] *Vyssshaya shkola ekonomiki* [Higher School of Economics]. Moscow.

12. Selivanov S.G., Poezhalov S.N., Sakhulova A.F. (2018) *Zakony i zakonomernosti innovatiki* [Laws and regularities of innovation] *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and expert examination]. Vol. 2 (23). Pp. 10–24.

13. Cuhls K. (2003) From Forecasting to Foresight Processes. New Participative Foresight Activities in Germany. *Journal of Forecasting*. 22. Pp. 93–111.

14. Deloitte Tech Trends 2012: Elevate IT for digital business. Available at: http://www.deloitte.com/assets/Dcom-nitedStates/Local%20Assets/Documents/us_cons_techrends2012_013112.pdf.

15. Dollinger M. (2003) *Entrepreneurship: Strategies and Resource*. Prentice Hall. Pp. 34–45.

16. FUTUR – German Research Dialogue (2006) *Foresight Brief № 01*. The European Foresight Monitoring Network. Pp. 34–43.

17. Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2014. Available at: <http://www.gartner.com/technology/research/top-10-technology-trends>.

18. Golubev S.S., Chebotarev S.S., Sekerin V.D., Gorokhova A.E. (2017) Development of Employee Incentive Programmes with Regard to Risks Taken and Individual performanc. *International Journal of Economic Research*. Vol. 14, Issue 7. Pp. 37–46.

19. Linde H., Hill B. (1993) Erfolgreich erfinden. Widerspruchsorientiert Innovationsstrategie für Entwickler und Konstrukteure. Hoppenstedt Technik Tabellen Verlag. Darmstadt. Pp. 34–67.

20. MIT Emerging Trends Report Cambridge (2013). MA: Massachusetts Institute of Technology. Available at: http://2013.forinnovations.org/upload/MIT_Technology_Review.pdf.