

УДК 305.14

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО КОНТУРАМ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Курушина В.А., Земенков Ю.Д., Курушина Е.В.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»,
Тюмень, e-mail: kurushina.tsogu@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы эволюции технических систем с позиций теории решения изобретательских задач, системного подхода, теории технологических укладов и инновационных циклов. Предложена методика исследования инновационного развития, предполагающая структурирование объекта по частичным производственным процессам и составляющим технологического способа производства; выделение главных элементов технической системы для очерчивания инновационных контуров; формирование массива данных; обоснование выбора системы для оценки эволюции элементов; количественную оценку качества инноваций; построение технологических карт и инновационных контуров. Методика апробирована на примере нефтегазотранспортной системы России. Сформирован и исследован массив данных за период с 1896 г. по 2010 г. Выявлены закономерности эволюции технической системы, определены направления и темпы перспективного развития трубопроводного транспорта.

Ключевые слова: матрица объектов инноваций, шкала и хронологическая карта инновационного развития, инновационный контур

STUDY OF THE EVOLUTION OF TECHNICAL SYSTEMS ON THE CIRCUITS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT

Kurushina V.A., Zemenkov Y.D., Kurushina E.V.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: kurushina.tsogu@yandex.ru

The paper discusses the evolution of technical systems from the standpoint of the theory of inventive problem solving, the system approach, the theory of technological structures and innovation cycles. The proposed method of innovative development research implies: structuring of the object in terms of particular production processes and components of production technological way; determination of main elements of the technical system to draw innovative contours; the formation of data massive; the justification of the choice of the element evolution estimation system; the quantitative assessment of the innovation quality; the design of technological maps and innovative contours. The method is approved on the example of the oil pipeline system in Russia. The data massive is formed and studied for the period since 1896 until 2010. The evolution patterns are revealed for this technical system, pipeline transport perspective development directions and rates are determined.

Keywords: matrix of innovation objects, scale and chronological map of innovative development, innovative circuit

Одной из главных задач науки, предусмотренной Программой фундаментальных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2013–2020 гг.), является научное обеспечение социально-экономического развития и национальной безопасности страны. Преодоление технологического отставания требует обеспечения системного планирования и координации исследований и разработок на основе выстраивания системы приоритетов научно-технологической сферы. Для топливно-энергетического комплекса России проблема ускорения внедрения инновационных технологий актуальна, во-первых, в связи с возрастанием роли углеводородного потенциала России при интеграции в глобальную энергетическую систему [9], а во-вторых, по причине высокого износа объектов производственно-технических систем и необходимости их обновления [4]. Кроме того, исследование инновационного развития отраслей углеводородной энергетики представляет особый интерес с тех

позиций, что их базовые технологии сформировались более ста лет назад.

В данном исследовании предпринята попытка установления закономерностей изменения инновационного контура технических систем с позиций эволюционного подхода [12] с целью прогнозирования качественного облика системы в целом и темпов инноваций по отдельным составляющим. Под инновационным контуром понимается набор характеристик состояния главных элементов, дающих обобщенную оценку инновационного развития системы. Эволюция технических систем рассматривается с позиций Теории технологических укладов, Единой теории инновационных циклов, Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) и системного подхода [5]. По методике, предложенной авторами, исследование эволюции технических систем предполагает девять этапов.

На первом этапе производится структурирование объекта исследования [13]. Техническая система может быть представлена

совокупностью элементов в виде матрицы объектов инноваций с элементами (X_{ij}), где i – частичный производственный процесс, реализуемый системой, а j – составляющая технологического способа производства. Наиболее значимыми являются три составляющие технологического способа производства. Это применяемые материалы, используемая техника и технология процесса.

На втором этапе выделяются главные элементы системы для очерчивания инновационного контура. Отбор элементов из матрицы объектов инноваций может осуществляться по следующим критериям:

- 1) значимость в выполнении функций технической системы;
- 2) доступность информационной базы по объектам инноваций;
- 3) уровень и динамика инновационного развития элемента.

На третьем этапе по объектам инноваций происходит формирование массива данных по качественным состояниям объектов инноваций (применяемые материалы, техника, технологии и их основные характеристики) за весь период функционирования технической системы.

На четвертом этапе производится обоснование системы оценки эволюции технической системы. При проведении исследований предпочтение, как правило, отдается количественным оценкам, предполагающим использование соответствующей шкалы. Основой формирования альтернативных вариантов систем оценки эволюции технической системы могут служить различные классификации, отражающие степень инноваций и уровень изобретений [8]. Особый интерес представляет классификация изобретений по Г. Альтшуллеру. Использование 5-уровневой шкалы позволяет сравнить глубину инновационных преобразований по технико-технологическим составляющим различных производственных процессов в определенный момент времени. В соответствии с ТРИЗ [1] исследование динамики развития технических систем базируется на циклическом подходе. Согласно Единой теории инновационных циклов [11] история развития инноваций представляет как череду периодически сменяющихся циклов различной продолжительности. Исследование эволюции технической системы с момента её формирования предполагает необходимость поиска системы оценок, применимой к многоциклическому развитию.

В данном исследовании авторами статьи предлагается использование системы оценки эволюции технической системы

с позиций Теории технологических укладов С. Глазьева. История развития рассмотрена с позиций смены поколений техники и технологий, что позволяет выделять технологические (или инновационные) циклы. Характеристики укладов представлены в таблице.

На основе характеристик технологических укладов может быть сформирована 6-ти уровневая шкала инновационного развития главных элементов для очерчивания инновационного контура технической системы в любой момент времени. Такой подход позволяет произвести оценку развития:

- 1) всех объектов инноваций на основе количественных параметров;
- 2) в сравнении с другими техническими системами в любой момент времени;
- 3) в динамике по каждому элементу системы и инновационному контуру в целом;
- 4) в сравнении между составляющими технологического способа производства, элементами и процессами системы;
- 5) на протяжении всего жизненного цикла системы;
- 6) качественного облика технической системы в новом инновационном цикле;
- 7) во взаимосвязи с внешней средой.

По мнению российского эволюциониста В.А. Красилова [6], раскрытие наиболее важных процессов развития предполагает рассмотрение системы как компонента системы более высокого уровня. С позиций эволюционного подхода развитие представляет собой совокупность отборов инноваций на всех уровнях сложной иерархической системы. Предлагаемая система оценки обеспечивает взаимосвязь инновационных процессов по цепочке: элемент – техническая система – технологический уклад.

На пятом этапе производится количественная оценка качественных состояний объектов инноваций в массиве данных по 6-ти уровневой шкале, приведенная в работе [3]. Оценка производится путем идентификации состояния главного элемента ключевому фактору и развитым отраслям ядра соответствующего цикла (технологического уклада).

На шестом этапе строятся хронологические карты эволюции каждого элемента технической системы. Особый интерес из элементов массива данных системы представляет тип используемого привода, являющийся с позиций Теории технологических укладов ключевым фактором развития (с первого по четвертый цикл). Значимость этого элемента подчеркивает тот факт, что некоторые исследователи рассматривают историю развития с позиций энергетических циклов.

Характеристика технологических укладов (ТУ) по С. Глазьеву*

№ ТУ	Ядро технологического уклада	Ключевой фактор
1	Текстильная промышленность и машиностроение, выплавка чугуна, железа, строительство каналов, водяной двигатель	Текстильные машины, гидропривод
2	Паровой двигатель, железнодорожное строительство, транспорт, машино- и паростроение, угольная, станкоинструментальная промышленность, чёрная металлургия	Паровые машины
3	Электротехническое, тяжёлое машиностроение, производство и прокат стали, линии электропередач, неорганическая химия	Электродвигатель
4	Автомобиле-, тракторостроение, цветная металлургия, производство товаров длительного пользования, синтетические материалы, органическая химия, производство и переработка нефти	ДВС
5	Электронная промышленность, вычислительная, оптоволоконная техника, программное обеспечение, телекоммуникации, роботостроение, производство и переработка газа, информационные услуги	Микро-электронные компоненты
6	Нанoeлектроника, молекулярная и нанофотоника, наноматериалы и наноструктурированные покрытия, нанобиотехнология, наносистемная техника	Нано-компоненты

Примечание. * Составлено по [2].

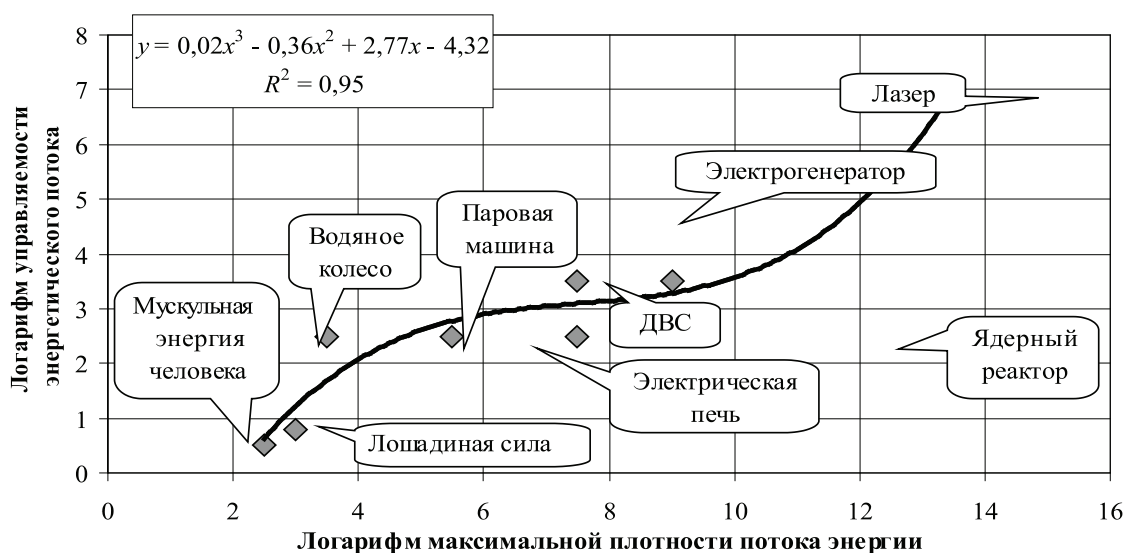


Рис. 1. Эволюция источников энергии

Важнейшими характеристиками энергопроизводящего оборудования являются плотность и управляемость энергетического потока. На основе оценок, приведенных А. Макаровым в работе [10], была построена зависимость, представленная на рис. 1, характеризующая эволюцию энергоисточников по показателям ценности энергии.

Эволюция энергопроизводящего оборудования сопровождается повышением мощности, плотности и управляемости потоком генерируемой энергии. При этом инновационное развитие происходит нелинейно, а показатели ценности энергии возрастают в прогрессирующей зависимости.

Исследование эволюции по хронологической карте позволяет визуализировать пути развития в динамике, проанализировать изменение инновационно-технического уровня каждого элемента системы по 6-балльной шкале [7]. С момента формирования системы нефтепроводного транспорта России использовался паровой привод, соответствующий 2-му инновационному циклу. При строительстве первого магистрального нефтепродуктопровода в России (1896–1905 гг.) стали применяться наряду с паровыми машинами дизельные двигатели, соответствующие 4-му инновационному циклу. В 50-е годы 20 века произошла

смена парового и дизельного двигателей на электродвигатели (3-й инновационный цикл). С 70-х годов были введены в эксплуатацию газотурбинные установки (ГТУ), соответствующие 4-му инновационному циклу. Исследование хронологической карты позволяет сделать выводы о том, что эволюция энергопроизводящего оборудования происходила нелинейно, с одновременным развитием по нескольким направлениям.

На седьмом этапе на основе хронологических карт главных элементов производится очерчивание инновационных контуров технической системы с заданной периодичностью во времени. Периодичность сканирования контуров через 40–50 лет соответствует средней продолжительности технологических укладов и длинных Кондратьевских волн. На рис. 2 приведен пример динамики развития технической системы с периодичностью в 40 лет.

определяет базовый технологический способ производства.

2. Составляющие базового технологического способа производства, возникшие на ранних этапах эволюции, наиболее консервативны с позиций инновационного развития.

3. Чем более широкую сферу применения в других отраслях имеет производственный процесс (то есть чем меньше специфика процесса), тем выше скорость его инновационного обновления.

4. В начальный период техническая система состоит из меньшего количества элементов (объектов инноваций). Так, в процессе перекачки нефти изначально не применялись химические реагенты, а также диагностические приборы и снаряды. Появляясь на более поздних этапах развития системы, эти элементы имеют более высокий инновационно-технологический уровень и интенсивную динамику.

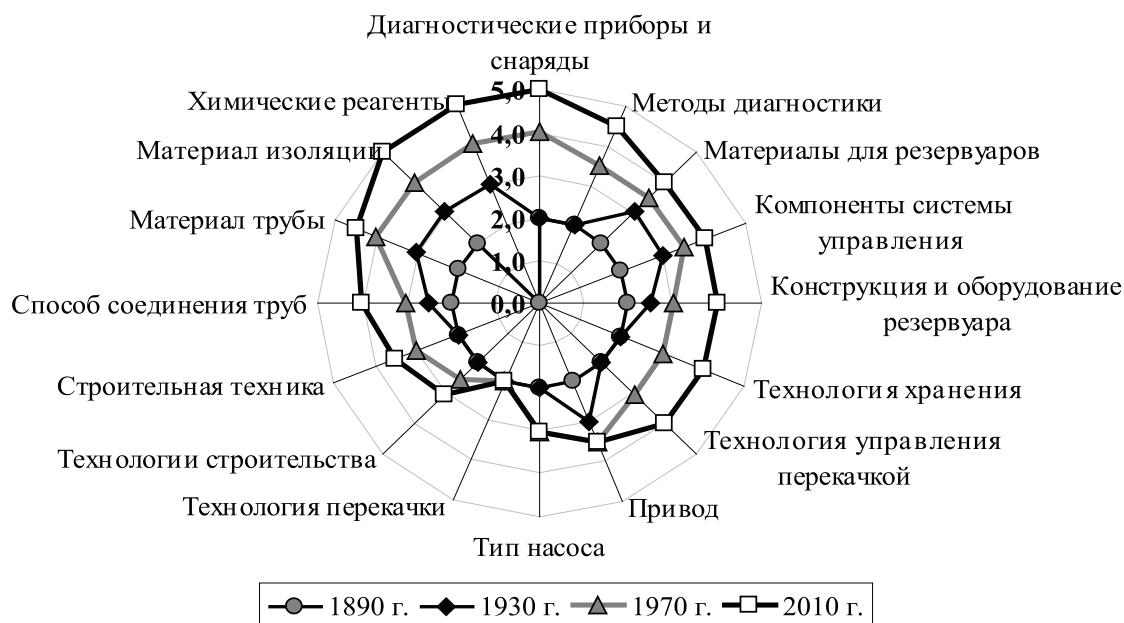


Рис. 2. Динамика инновационного контура нефтепроводного транспорта России

Инновационные контуры позволяют восстановить хронологию смены поколений техники и технологии за весь период существования системы.

На восьмом этапе производится выявление закономерностей эволюции системы на основе анализа изменения построенных инновационных контуров. Апробирование предложенного эволюционного подхода на примере развития системы нефтепроводного транспорта России позволило выявить следующие закономерности:

1. Период возникновения отрасли по шкале технологических укладов во многом

5. В динамике инновационного развития имеется закономерность распределения скорости (в порядке убывания) по составляющим технологического способа производства):

- 1) материалы;
- 2) техника (особенно в части материала изготовления);
- 3) технология.

6. Скорость эволюционных изменений по объектам инноваций зависит от скорости становления нового технологического уклада.

7. Темпы внедрения инноваций в отрасль во многом определяются приоритетами развития.

На девятом (заключительном) этапе исследования на базе полученных закономерностей обосновываются направления и темпы развития технической системы. Основой эволюционных изменений служит становление 6-го инновационного цикла. Инновационный контур технических систем будет интенсивно меняться в первую очередь за счет использования наноматериалов и наноструктурных покрытий.

Таким образом, выявленные закономерности позволяют определить элементы технической системы, которые подвергнутся большим инновационным преобразованиям. Для нефтепроводного транспорта России это материал самой трубы, её изоляции, диагностические приборы и снаряды, а также средства управления процессами перекачки, хранения и диагностики. Выявленные возможности изменения инновационного контура позволят повысить эффективность управления процессами исследований и разработок.

Список литературы

1. Альтшуллер Г. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач. – 6-е изд. – М.: Альпина Паблшер, 2013. – 402 с.
2. Глазев С.Ю. Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса. – М.: Экономика, 2010. – 255 с.
3. Земаков Ю.Д., Курушина В.А. Закономерности инновационно-циклического развития трубопроводного транспорта углеводородов России // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № S3. – С. 85–98.
4. Земаков Ю.Д., Курушина В.А., Выегжанина А.О., Барменкова В.В., Хайруллина Н.Г. Современный менеджмент и инновационная, научно-техническая политика: монография. – St. Louis, 2013. – 80 с.
5. Земакова М.Ю., Сероштанов И.В., Курушина В.А., Торопов С.Ю., Земаков Ю.Д. Мониторинг надежности нефтегазового объекта с применением методов системного анализа // Территория Нефтегаз. – 2013. – № 10. – С. 80–86.
6. Красилов В.А. Нерешенные проблемы теории эволюции. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. – 138 с.
7. Курушина В.А., Смирнов В.В. Эффект блокировки в инновационном развитии нефтепроводного транспорта // Проблемы устойчивого развития российских регионов: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием; отв. ред. Л.Н. Руднева. – Тюмень, 2014. – С. 372–375.
8. Курушина В.А., Курушина Е.В., Земаков Ю.Д. Качество инновационного портфеля нефтегазотранспортного сектора экономики // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № S4. – С. 52–61.
9. Курушина Е.В., Земаков Ю.Д. Возможности и угрозы ускоренного экономического развития Дальнего Востока России // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 2010. – Т. 4. – № 56. – С. 30–41.
10. Макаров А.А. Мировая энергетика и Евразийское энергетическое пространство. – М. Энергоатомиздат, 1998. – 280 с.
11. Россия – 2050: стратегия инновационного прорыва / Б.Н. Кузык, Ю.В. Яковец. – 2-е изд., доп. – М. ЗАО Изд-во «Экономика», 2005. – 624 с.
12. Kurushina E.V., Kurushina V.A. Evolution of economic development aims. Assessment of the smart growth // Life Science Journal. – 2014. – № 11 (11). – P. 517–521.
13. Kurushina V., Zemenkov Y. Innovative cyclical development of the Russian pipeline system / WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2014. – T. 190. Vol. 2. – C. 881–888.

References

1. Altshuller G. Najti ideju: Vvedenie v TRIZ teoriju reshenija izobretatelskih zadach. 6-e izd. M.: Alpina Publisher, 2013. 402 p.
2. Glazev S.Ju. Strategija operezhajushhego razvitiya Rossii v uslovijah globalnogo krizisa. M.: Jekonomika, 2010. 255 p.
3. Zemenkov Ju.D., Kurushina V.A. Zakonomernosti innovacionno-ciklichesko razvitiya truboprovodnogo transporta uglevodorodov Rossii/Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2013. no. S3. pp. 85–98.
4. Zemenkov Ju.D., Kurushina V.A., Vylegzhaniina A.O., Barmenkova V.V., Hajrullina N.G. Sovremennij menedzhment i innovacionnaja, nauchno-tehnicheskaja politika: monografija. St. Louis, 2013. 80 p.
5. Zemenkova M.Ju., Seroshtanov I.V., Kurushina V.A., Toropov S.Ju., Zemenkov Ju.D. Monitoring nadezhnosti neftegazovogo obekta s primeneniem metodov sistemnogo analiza- Territorija Neftegaz. 2013. no. 10. pp. 80–86.
6. Krasilov V.A. Nereshennye problemy teorii jevoljucii. Vladivostok: DVNC AN SSSR, 1986. 138 p.
7. Kurushina V.A., Smirnov V.V. Jefferkt blokirovki v innovacionnom razvitii neftepovodnogo transporta Problemy ustojchivogo razvitiya rossijskih regionov: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskij konferencii s mezhdunarodnym uchastiem; otv. red. L.N. Rudneva. Tjumen, 2014. pp. 372–375.
8. Kurushina V.A., Kurushina E.V., Zemenkov Ju.D. Kachestvo innovacionnogo portfelja neftegazotransportnogo sektora jekonomiki/Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2014. no. S4. pp. 52–61.
9. Kurushina E.V., Zemenkov Ju.D. Vozmozhnosti i ugrozy uskorenno jekonomicheskogo razvitiya Dalnego Vostoka Rossii/Izvestija Dalnevostochnogo federalnogo universiteta. Jekonomika i upravlenie. 2010. T. 4. no. 56. pp. 30–41.
10. Makarov A.A. Mirovaja jenergetika i Evrazijskoe jenergeticheskoe prostranstvo. M. Jenergoatomizdat, 1998. 280 p.
11. Rossija 2050: strategija innovacionnogo proryva B.N. Kuzyk, Ju.V. Jakovec. 2-e izd., dop. M. ZAO Izd-vo «Jekonomika», 2005. 624 p.
12. Kurushina E.V., Kurushina V.A. Evolution of economic development aims. Assessment of the smart growth Life Science Journal. 2014. no. 11 (11). pp. 517–521.
13. Kurushina V., Zemenkov Y. Innovative cyclical development of the Russian pipeline system WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. T. 190. Vol. 2. pp. 881–888.

Рецензенты:

Чекардовский М.Н., д.т.н., зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», г. Тюмень;

Моисеев Б.В., д.т.н., профессор кафедры транспорта углеводородных ресурсов, ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 10.03.2015.