

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ «ИНДУСТРИИ 4.0»

С переходом технологических систем на путь «Индустрии 4.0» актуальной задачей является оценка современного уровня промышленного развития предприятий нефтехимического комплекса. Целью статьи является выявление тенденций технологического развития нефтехимических предприятий в рамках концепции «Индустрия 4.0». Полученные результаты исследования имеют важное значение для нефтехимических предприятий, а также могут быть полезны для профильных министерств и ведомств для оценки уровня развития различных отраслей.

Ключевые слова: технологическое развитие, «Индустрия 4.0», нефтехимические предприятия, энергетическая эффективность, моделирование, корреляционно-регрессионный анализ.

Введение. Оценка современного уровня технологического развития предприятий нефтехимического комплекса требует систематизации отечественного и зарубежного опыта в данной области, которая является довольно востребованной в научных трудах. Перспективы развития производственных систем в рамках концепции Индустрия 4.0, включая обзор новейших технологий и беспроводных сетей, отражены в работах Almada-Lobo F., Li X., Li D., Wan J., Vasilakos A. V., Lai C. F., Wang, S., Lu Y., Барсегян Н. В., Шинкевич М. В., Фарраховой А. А., Надеждиной М. Е. [1–4]. Инновационным вопросам развития предприятий нефтехимического комплекса, включая проблемы модернизации логистической инфраструктуры, посвящены работы Кудрявцевой С. С., Мальшевой Т. В., Ганеевой Г. А. Мисбаховой Ч. А., Шинкевича А. И., Галимулиной Ф. Ф. [5–7]. Устойчивое развитие предприятий с применением ресурсосберегающих и экологически эффективных технологий рассмотрено в работах Бобкова В. И., Федулова А. С., Дли М. И., Мешалкина В. П., Моргуновой Е. В., Дырдоновой А. Н., Линьковой Т. С. [8–11]. Следовательно, считаем необходимым выявление трендов развития предприятий нефтехимического комплекса в рамках концепции «Индустрия 4.0», включая показатели технологического развития, энергетической эффективности, эффективности использования инфраструктуры.

Постановка задачи. Цель статьи заключается в выявлении тенденций технологического развития нефтехимических предприятий в рамках концепции «Индустрия 4.0».

Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих задач:

— систематизировать отечественный и зарубежный опыт в данной области;

— провести оценку технологического развития нефтехимических предприятий по трем группам показателей: показатели технологического развития, показатели энергетической эффективности, показатели эффективности использования инфраструктуры;

— построить регрессионную модель технологического развития предприятий нефтехимического комплекса в условиях «Индустрии 4.0».

Теория. На рис. 1 представлены ключевые показатели эффективности технологического развития предприятий нефтехимического комплекса. За зависимую переменную выбрали показатель «Число разработанных передовых производственных технологий, новых для России», поскольку ключевым вектором развития предприятий в рамках «Индустрии 4.0» является внедрение новых производственных технологий, более экологически и экономически эффективных. Зависимые переменные сгруппированы в три подгруппы.

Первая группа показателей позволяет оценить уровень технологического развития, куда включены показатели, характеризующие инновационную активность предприятий, объемы инвестиций, направленных на модернизацию производственных мощностей. Во вторую группу вошли показатели, характеризующие уровень энергетической эффективности, учитывающие развитие использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), сокращение потребления ТЭР. Третья группа состоит из показателей, характеризующих эффективность использования научной и промышленной инфра-

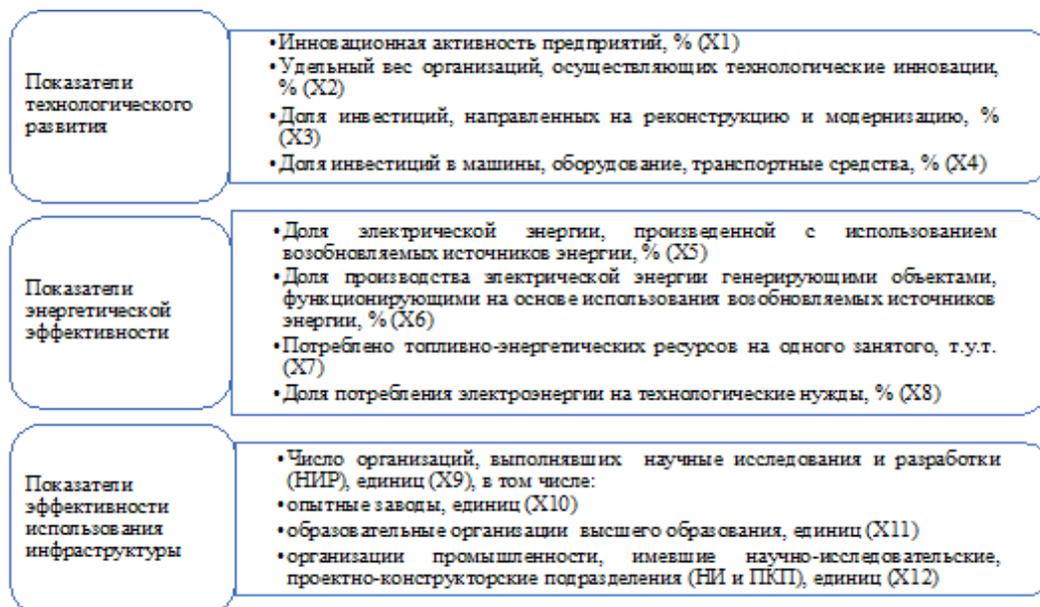


Рис. 1. Показатели эффективности технологического развития предприятий нефтехимического комплекса



Рис. 2. Динамика показателей, характеризующих уровень технологического развития нефтехимических предприятий (источник [12])

структуры для выполнения научных исследований и разработок.

Рассмотрим динамику показателей, характеризующих уровень технологического развития нефтехимических предприятий в 2012–2019 гг. (рис. 2). В рассматриваемый период снизилась инновационная активность предприятий с 50,4 % в 2012 г. до 47,7 % в 2019 г. При этом наибольшую активность предприятия продемонстрировали в 2017 г., когда их доля составила 53,6 %. В 1,7 раза увеличилась доля предприятий, осуществлявших технологические инновации, и к 2019 г. составила 36,9 %, однако данный показатель на 1,7 % ниже уровня 2018 г. В 2012–2019 гг. на 4 % увеличился удельный вес инвестиций в реконструкцию и модернизацию производственных мощностей и к 2019 г. составил 26 % (максимальное значение отмечено в 2017 г. — 35,7 %). Отрицательная динамика наблюдается в удельном весе инвестиций в машины и оборудование, которые в 2019 г. сократились на 11,4 % по сравнению с 2012 г. и составили 16,1 %. В целом, в 2012–2019 гг. наблюдается позитивная динамика роста показателей, характеризующих уровень технологического развития.

Проведем оценку энергетической эффективности нефтехимических предприятий в 2012–2019 гг. (рис. 3). На протяжении всего периода 2012–2019 гг. доля потребления электроэнергии на технологические нужды оставалась практически неизменной и составила 25,1 %.

В рассматриваемый период наблюдается позитивная тенденция роста удельного веса электрической энергии, произведенной с использованием ВИЭ, увеличившись с 15,3 % в 2012 г. до 17,6 % в 2019 г.

Однако в 2012–2019 гг. выросло потребление ТЭР на одного занятого и в 2019 г. составило 13,2 т.у.г. Доля производства электрической энергии генерирующими объектами с использованием ВИЭ увеличилась на 0,2 % по сравнению с 2012 г. и к 2019 г. составила 0,3 %. В 2012–2019 гг. показатели, характеризующие энергетическую эффективность нефтехимических предприятий, имели довольно стабильную положительную динамику и незначительное колебание в пределах 2 %. Это говорит о том, что в рассматриваемый период существенного прорыва в области энергетической эффективности не наблюдается.

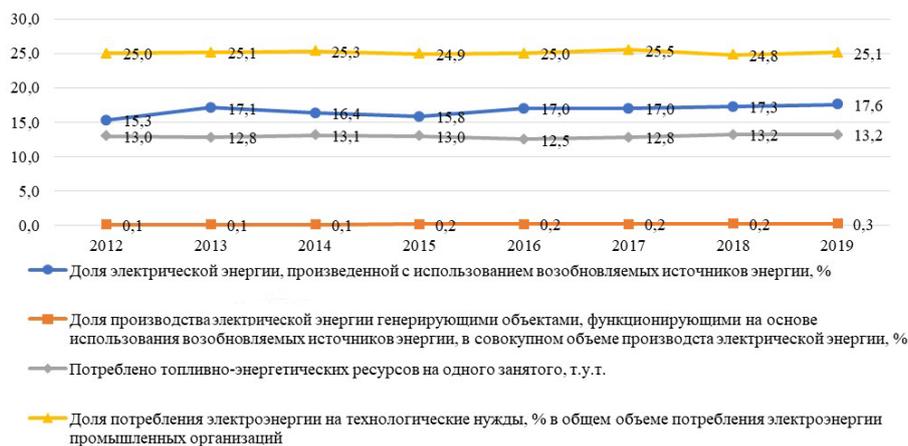


Рис. 3. Динамика показателей, характеризующих энергетическую эффективность нефтехимических предприятий (источник [12])



Рис. 4. Динамика показателей, характеризующих эффективность использования инфраструктуры, единиц (источник [12])

Проанализируем показатели, характеризующие эффективность использования инфраструктуры для выполнения научных исследований и разработок в 2012–2019 гг. (рис. 4). В структуре организаций, выполнявших НИР, преобладают научно-исследовательские организации, и в 2019 г. на них пришлось 40 %, или 1618 организаций, 23 % приходится на вузы — 951 организация, 11 % — организации промышленности, имевшие НИ и ПКП (450 организаций), 1 % приходится на опытные заводы (44 завода), 25 % — прочие организации, выполнявшие НИР.

В рассматриваемый период общее число организаций, выполнявших НИР, увеличилось на 14 % по сравнению с 2012 г. и в 2019 г. составило 4051 организацию. Такой рост связан с увеличением числа вузов в 1,7 раза и организаций промышленности, имевших НИ и ПКП, в 1,6 раза. Вместе с тем в 2012–2019 гг. наблюдается и негативная динамика снижения числа научно-исследовательских организаций на 7 % и числа опытных заводов на 26 %.

Анализ показателей, характеризующих эффективность использования инфраструктуры в 2012–2019 гг. позволил выявить позитивную динамику общего числа организаций, выполнявших НИР, не-

смотря на снижение в их числе опытных заводов и научно-исследовательских организаций.

Результаты экспериментов. Поскольку важным направлением развития в рамках «Индустрии 4.0» является разработка и внедрение новейших эффективных решений, за зависимую переменную в исследовании выбран показатель «Число разработанных ППТ, единиц». Для выявления независимых переменных используем корреляционно-регрессионный анализ.

Предварительный корреляционный анализ и построенные диаграммы рассеяния позволили выявить тесную положительную зависимость между показателями «Число разработанных ППТ, единиц» и «Доля производства электрической энергии генерирующими объектами, %» — $R=0,92$, а также между показателями «Число разработанных ППТ, единиц» и «Организации промышленности, имевшие НИ и ПКП, единиц» — $R=0,93$ (рис. 5). Данные показателя будут выбраны для построения регрессионной модели.

Обсуждение экспериментов. С целью выявления ключевых факторов, влияющих на технологическое развитие, построим регрессионную модель технологического развития предприятий нефтехимической промышленности.

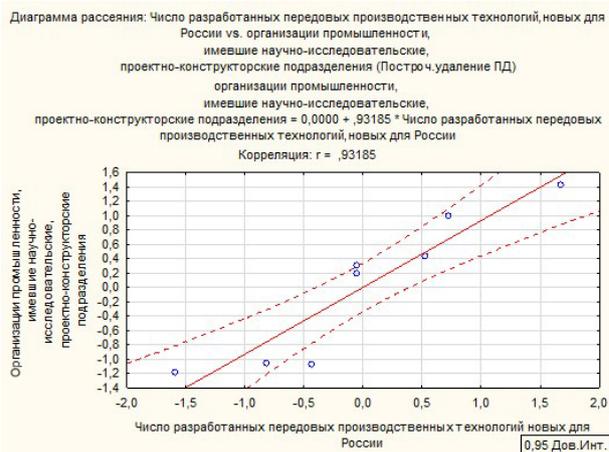
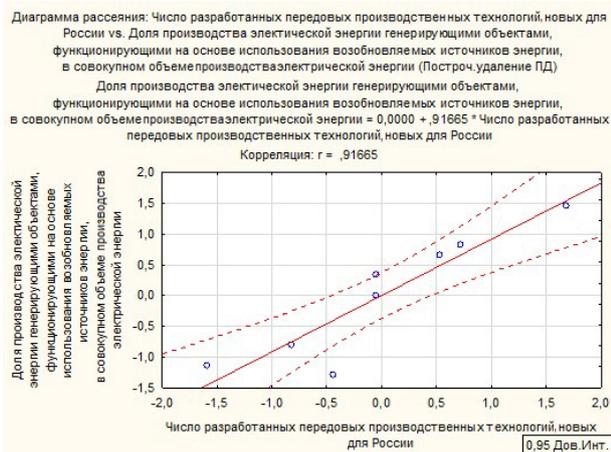


Рис. 5. Диаграммы рассеяния для показателей — «Число разработанных ППТ, единиц», «Доля производства электрической энергии генерирующими объектами, %», «Организации промышленности, имевшие НИ и ПКП, единиц»

мического комплекса в условиях «Индустрии 4.0». В результате моделирования получено следующее уравнение:

$$Y = -13,74 + 0,07X_6 + 9,9X_{12}, \quad (1)$$

где Y — число разработанных ППТ, единиц; X_6 — доля производства электрической энергии генерирующими объектами, функционирующими на основе использования ВИЭ, %; X_{12} — организации промышленности, имевшие НИ и ПКП, единиц.

Уравнение регрессии является адекватным, поскольку $R^2 = 0,93$; p -значение $< 0,05$; F -критерий $< 0,05$; стандартная ошибка — 3 %; среднее значение остатков стремится к нулю.

Исходя из полученного уравнения регрессии и 3М-графиков поверхностей, можно заключить, что рост числа разработанных ППТ был обусловлен ростом доли производства электрической энергии генерирующими объектами, функционирующими на основе использования ВИЭ, которые выросли с 0,1 % в 2012 г. до 0,3 % с 2019 г. — коэффициент эластичности модели составил 0,07, следовательно, увеличение производства электрической энергии генерирующими объектами на 1 % приведет к увеличению числа разработанных ППТ на 0,07 %. Позитивно повлиял на зависимую переменную рост организаций промышленности, имевших НИ и ПКП, число которых возросло с 274 с 2012 г. до 450 в 2019 г. — коэффициент эластичности составил 9,9, следовательно, увеличение организаций промышленности, имевших НИ и ПКП на 1 %, приведет к увеличению числа разработанных ППТ на 9,9 %.

Заключение. Поскольку перспективным трендом развития промышленности является «Индустрия 4.0», в работе проведена оценка технологического развития нефтехимических предприятий в рамках данной концепции. В ходе анализа выявлена положительная динамика показателей технологического развития, энергетической эффективности, эффективности использования инфраструктуры в 2012–2019 гг., однако темпы развития значительно отстают от общемировых темпов технологического развития. Кроме того, в работе проведен корреляционно-регрессионный анализ и 3М-графика поверхностей, которые определяют показатель «Организации промышленности, имевшие НИ и ПКП, единиц» как наиболее важный, оказыва-

ющий влияние на число разработанных ППТ, которое, в свою очередь, характеризует тенденцию перехода нефтехимических предприятий на путь «Индустрии 4.0».

Благодарности

Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ РФ № НШ-2600.2020.6.

Библиографический список

1. Almada-Lobo F. The Industry 4 revolution and the Future of Manufacturing Execution Systems // Journal of Innovation Management. 2016. Vol. 3 (4). P. 17. DOI: 10.24840/2183-0606_003.004_0003.
2. Li X., Li D., Wan J. [et al.]. A review of industrial wireless networks in the context of Industry 4.0 // Wireless Networks. 2017. Vol. 23 (1). P. 23–41. DOI: 10.1007/s11276-015-1133-7.
3. Lu Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues // Journal of Industrial Information Integration. 2017. Vol. 6. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.jii.2017.04.005.
4. Shinkevich A. I., Shinkevich M. V., Galimullina F. F., Farrakhova A. A., Nadejdina M. E. Reserves for improving the efficiency of petrochemical production on the basis of «Industry 4.0» // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 124 (10). 04006. DOI: 10.1051/e3sconf/201912404006.
5. Кудрявцева С. С. Логистическое обеспечение инновационной деятельности промышленных предприятий Республики Татарстан // Экономический вестник Республики Татарстан. 2013. № 1. С. 47–52.
6. Малышева Т. В., Ганеева Г. А. Организационно-экономические особенности распределительной логистики нефтехимических производств // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 21. С. 431–434.
7. Мисбахова Ч. А., Шинкевич А. И., Галимулина Ф. Ф. Состояние и перспективы развития инновационной деятельности в Республике Татарстан // Инновационная деятельность. 2015. № 3 (34). С. 44–51.
8. Bobkov V. I., Fedulov A. S., Dli M. I., Meshalkin V. P., Morgunova E. V. Scientific basis of effective energy resource use and environmentally safe processing of phosphorus-containing manufacturing waste of ore-dressing barrows and processing enterprises // Clean Technologies and Environmental Policy. 2018. Vol. 20 (10). P. 2209–2221. DOI: 10.1007/s10098-018-1633-0.
9. Dyrdonova A. N., Lin'kova T. S. Principles of petrochemical cluster' sustainability assessment based on its members' energy

efficiency performance // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 124. P. 04013. DOI: 10.1051/e3sconf/201912404013.

10. Фомин Н. Ю., Дырдонова А. Н., Андреева Е. С. Совершенствование механизма сетевой интеграции и кластеризации предприятий нефтегазохимического комплекса Республики Татарстан // Научное обозрение. 2015. № 18. С. 250 – 252.

11. Мешалкин В. П., Белозерский А. Ю., Меньшова И. И., Бобков В. И., Дли М. И. Оптимизация энергоэффективности локального процесса многоступенчатой сушки движущейся массы фосфоритных окатышей. // Доклады химии. 2019. Vol. 486 (1). P. 144 – 148. DOI: 10.31857/S0869-56524863316-321.

12. Росстат. URL: <http://www.gks.ru>. (дата обращения: 19.05.2021).

ЛУБНИНА Алсу Амировна, кандидат экономических наук, доцент (Россия), доцент кафедры логистики и управления.

SPIN-код: 6394-3337

AuthorID (РИНЦ): 769616

Адрес для переписки: Alsu1982@yandex.ru

ФАРРАХОВА Анжелика Ахатовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры логистики и управления.

SPIN-код: 3652-6992

AuthorID (РИНЦ): 956253

Для цитирования

Лубнина А. А., Фаррахова А. А. Моделирование технологического развития предприятий нефтехимического комплекса в условиях «Индустрии 4.0» // Омский научный вестник. 2021. № 5 (179). С. 29 – 33. DOI: 10.25206/1813-8225-2021-179-29-33.

Статья поступила в редакцию 23.08.2021 г.

© А. А. Лубнина, А. А. Фаррахова