

УДК 004:66.011

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКИМ ПРОИЗВОДСТВОМ В ИНДУСТРИИ 4.0

Шинкевич А.И., Нургалиев Р.К.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань,
e-mail: ashinkevich@mail.ru, NurgalievR1967@yandex.ru

Статья посвящена актуальным вопросам управления нефтехимическим производством в условиях индустрии 4.0. В статье проведена оценка уровня использования потенциала индустрии 4.0 в управлении нефтехимическими предприятиями: систематизированы тренды в сфере разработки и использования передовых производственных технологий в российской промышленности и нефтехимическом комплексе; проведен анализ структуры используемых передовых производственных технологий в российской промышленности и нефтехимическом комплексе по срокам и типам разработок; проведена кластеризация используемых передовых производственных технологий нефтехимической промышленности по показателям индустрии 4.0. Установлено, что более половины используемых передовых производственных технологий на нефтехимических предприятиях были приобретены у других компаний, что указывает на развитие открытых моделей сотрудничества на принципах совместной кооперации. На нефтехимических предприятиях в управлении процессом производства нефтехимической продукции доминировали технологии возраста свыше шести лет, разработанные собственными силами организаций; наряду с этим в управлении процессами в цепях распределения готовой продукции и сырьевых цепях снабжения нефтехимического производства отмечалось присутствие как новых технологий сроком как до одного года, так и свыше шести лет, приобретенных у отечественных и зарубежных предприятий-партнеров. Результаты проведенного исследования являются попыткой обобщения методических подходов к оценке особенностей управления нефтехимическим производством в индустрии 4.0 и могут быть применены как исходная статистическая и теоретико-методическая база при разработке плана мероприятий по развитию нефтехимического производства, отвечающего новым технологическим вызовам с учетом специфических особенностей технологической вооруженности нефтехимической промышленности в целом.

Ключевые слова: индустрия 4.0, нефтехимическое производство, передовые производственные технологии, цифровизация, кооперация, кластеры

FEATURES OF THE MANAGEMENT OF PETROCHEMICAL PRODUCTION IN INDUSTRY 4.0

Shinkevich A.I., Nurgaliev R.K.

Kazan National Research Technological University, Kazan,
e-mail: ashinkevich@mail.ru, NurgalievR1967@yandex.ru

The article is devoted to topical issues of petrochemical production management in the context of Industry 4.0. The article assesses the level of use of the potential of Industry 4.0 in the management of petrochemical enterprises: trends in the development and use of advanced production technologies in the Russian industry and the petrochemical complex are systematized; the analysis of the structure of the advanced production technologies used in the Russian industry and the petrochemical complex by the terms and types of development; Clustering of the used advanced production technologies of the petrochemical industry was carried out according to industry 4.0 indicators. It was found that more than half of the advanced production technologies used at petrochemical enterprises were purchased from other companies, which indicates the development of open cooperation models based on the principles of joint cooperation. At petrochemical enterprises, technologies over 6 years old, developed by the organizations' own forces, dominated in the management of petrochemical production processes; Along with this, in the management of processes in distribution chains of finished products and raw material supply chains of petrochemical production, the presence of both new technologies for a period of up to 1 year and over 6 years, acquired from domestic and foreign partner enterprises, was noted. The results of the study are an attempt to generalize methodological approaches to assessing the features of the management of petrochemical production in Industry 4.0 and can be used as an initial statistical and theoretical-methodological base when developing an action plan for the development of petrochemical production that meets new technological challenges, taking into account the specific features of the technological equipment of the petrochemical industry generally.

Keywords: industry 4.0, petrochemical manufacturing, advanced manufacturing technologies, digitalization, cooperation, clusters

В условиях развития индустрии 4.0 значительно изменяются требования к организационным формам в управлении промышленными предприятиями. Для бизнеса дискуссионным вопросом продолжает оставаться достижение баланса между участием в промышленных платформах, либо владение собственными базовыми активами. В настоящее время иерархические организационные структуры, использующие

принцип управления «сверху вниз»; ориентация на финансовые результаты производственно-хозяйственной деятельности; закрытые инновации; отсутствие гибкости в процессах производства и управления; наличие большого штата сотрудников и активов в собственности уступают место открытым инновациям, гибким организационным структурам управления с минимальным штатом сотрудников; использова-

ние для достижения своих целей внешних ресурсов; интеграции онлайн-овых и офлайн-овых сообществ; использованию объектов инновационной, производственной и логистической инфраструктуры и т.п. В этой связи основным направлением стратегического развития промышленности должно стать обеспечение интеграции различных секторов экономики, включая создание новых бизнес-моделей и сквозных цифровых процессов, трансграничную кооперацию видов экономической деятельности. Обозначенные тренды являются актуальными и для нефтехимического производства, выступающего не только как самостоятельная отрасль промышленности, но и как обеспечивающая сырьем другие секторы экономики при создании высокотехнологичной и наукоемкой продукции высоких переделов.

В научной литературе проблематика повышения качества управления в индустрии 4.0 находит отражение в таких аспектах, как повышение конкурентоспособности промышленных предприятий в эпоху четвертой промышленной революции [1, 2], робототехника в управлении производством [3], системные эффекты [4], риски трансформации промышленности [5], оценка инноваций [6], управление большими данными [7], умные фабрики [8], логистическое обеспечение предприятий в условиях новых технологических вызовов [9, 10] и т.п. Однако недостаточно внимания уделяется особенностям управления промышленными предприятиями в индустрии 4.0 в зависимости от отраслевой принадлежности, в частности в нефтехимической промышленности, что предопределило выбор тематики исследования, постановку цели и задач.

Цель статьи заключается в оценке уровня использования потенциала индустрии 4.0 в управлении нефтехимическими предприятиями. Цель статьи конкретизируется в решении следующих задач:

- изучение трендов разработки и использования передовых производственных технологий в российской промышленности и нефтехимическом комплексе;

- анализ структуры используемых передовых производственных технологий в российской промышленности и нефтехимическом комплексе по срокам и типам разработок.

Материалы и методы исследования

В качестве методов исследования в статье применены:

- методы описания и графического анализа, раскрывающие тренды и структуру используемых передовых производственных технологий в российской промышленности и нефтехимическом комплексе;

- метод иерархической кластеризации, позволяющий определить оптимальное количество групп кластеризации передовых производственных технологий;

- метод кластерного анализа K-средних (K-means), отражающий дескриптивные статистики кластеризации и уровень их статистической значимости (достоверности).

В качестве программного обеспечения при проведении расчетов применен пакет Statistica.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящий момент отсутствуют статистические динамические ряды, характеризующие развитие индустрии 4.0 в секторах промышленности в силу ее новизны и начального этапа распространения. В этой связи для оценки влияния процессов четвертой промышленной революции на специфику управления нефтехимической промышленностью предлагаем использовать показатели по передовым производственным технологиям, внедряемым в сфере производства, как индикаторов зрелости и восприимчивости промышленных видов экономической деятельности к вызовам индустрии 4.0.

Ежегодно в российской промышленной сфере отмечается увеличение числа разработанных передовых производственных технологий, количество которых увеличилось с 688 в 2000 г., 864 в 2010 г. до 1620 в 2019 г. (среднегодовой темп прироста в 2000–2019 гг. составлял 5,9%). В структуре разработанных передовых производственных технологий наибольшую долю составляли: производство, обработка и сборка – 31,5%; проектирование и инжиниринг – 28,5%; связь и управление – 19,5%. При этом наиболее высокие среднегодовые темпы прироста отмечались по таким направлениям разработанных передовых производственных технологий, как производственная информационная система – 10,5%; связь и управление – 8,7% и проектирование и инжиниринг – 7%. Динамика основных направлений разработанных передовых производственных технологий отражена на рис. 1 [11].

Ежегодная тенденция роста в российской промышленности отмечается также по числу используемых передовых производственных технологий, число которых увеличилось с 70,1 тыс. единиц в 2000 г., 203,3 тыс. единиц в 2010 г. до 262,6 тыс. единиц в 2019 г. Наибольшую долю в их структуре составляли аналогично разрабатываемых передовым производственным технологиям: связь и управление – 41,2%; производство, обработка и сборка – 31,2%; проектирование и инжиниринг – 16%.

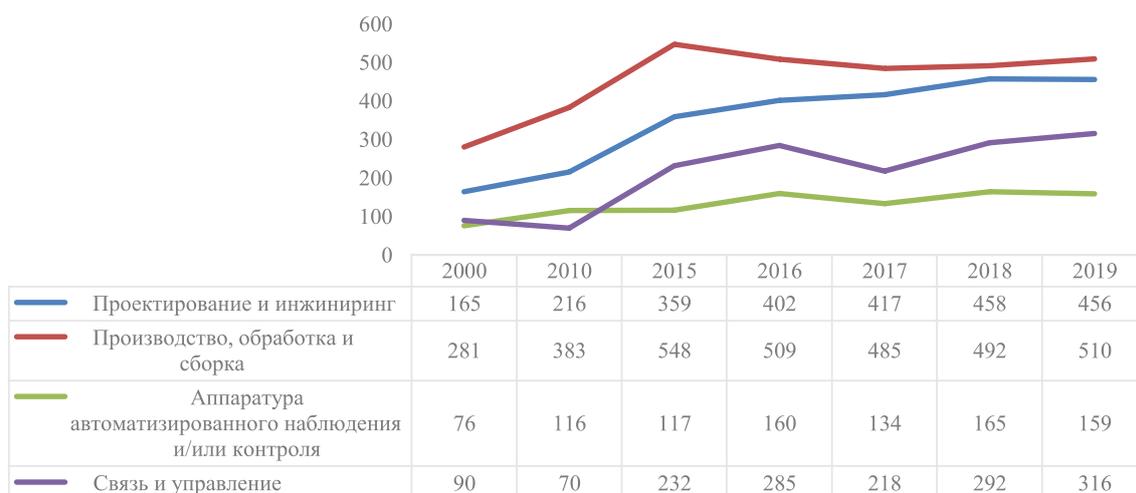


Рис. 1. Динамика разработанных передовых производственных технологий (в единицах)

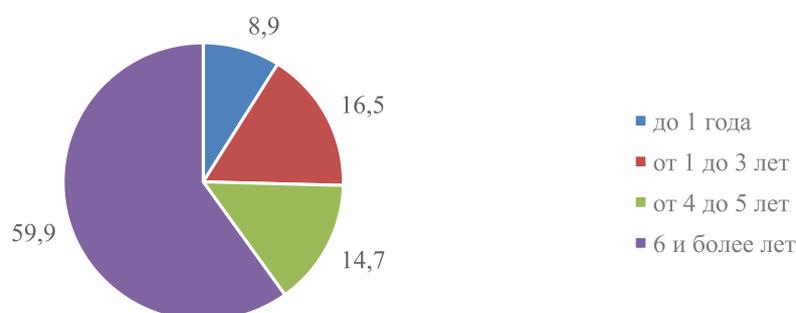


Рис. 2. Структура используемых производственных технологий по возрасту в нефтехимической промышленности (в процентах)

По итогам 2019 г. число организаций, разрабатывавших передовые производственные технологии, составило 713 единиц, из которых на долю предприятий нефтехимической промышленности приходилось 1,7% – 12 единиц, из них 41,7% разрабатывали передовые производственные технологии в сфере проектирования и инжиниринга; по 33,3% – в сфере компьютерного проектирования и/или выполнения инженерно-консультационных услуг; производства, обработки и сборки; гибких производственных элементов или систем; 25% – в области связи и управления. Число разработанных передовых производственных технологий предприятий нефтехимической промышленности составило 21 единицу, из которых 85,7% были отнесены к новым технологиям для российской промышленности, в их структуре также абсолютное большинство приходилось на производство, обработку и сборку; гибкие производственные элементы или системы – по 33,3%.

В структуре используемых передовых производственных технологий нефтехимическими предприятиями более половины составляли технологии возрастом свыше 6 лет – 59,9%, от 1 до 3 лет – 16,5%, от 4 до 5 лет – 14,7%, до 1 года – 8,7% (рис. 2) [11].

Примечательным является то, что свыше половины используемых передовых производственных технологий в нефтехимическом секторе были приобретенными у других предприятий – 55,7%, 5,1% – были разработаны в собственной организации и 39,2% – приобретены за рубежом. В целом данная особенность характерна для всех промышленных предприятий (соотношение между ними составило соответственно 52,1%, 18,1% и 29,7%). Указанная характеристика используемых передовых производственных технологий позволяет говорить о повышении уровня межсекторальной кооперации в промышленности и развитии открытых бизнес-моделей, открытых инноваций

с использованием механизмов сетевого взаимодействия.

Для выявления особенностей управления производственными и управленческими бизнес-процессами в нефтехимической промышленности в условиях индустрии 4.0 нами проведен кластерный анализ используемых передовых производственных технологий по их группам. Переменными для кластеризации выбраны следующие:

X1 – число используемых передовых производственных технологий возрастом до 1 года;

X2 – число используемых передовых производственных технологий возрастом свыше 6 лет;

X3 – число используемых передовых производственных технологий, разработанных в собственной организации;

X4 – число используемых передовых производственных технологий, приобретенных в России;

X5 – число используемых передовых производственных технологий, приобретенных за рубежом.

Выбор данного перечня показателей для кластеризации обусловлен, во-первых, длительными динамическими рядами; во-вторых, входением их в форму федерального статистического наблюдения «Сведения о разработке и (или) использовании передовых производственных технологий (форма N 1-технология)», отражающей тренды технологического развития секторов экономики.

Состав используемых передовых производственных технологий в нефтехимической промышленности включал 18 видов. На основе метода иерархической кластеризации была определена целесообразность разделения используемых передовых производственных технологий на 5 кластеров (рис. 3).

В состав первого кластера вошли две группы технологий, отличающиеся максимальными средними значениями по возрасту применения, здесь представлены производственные технологии как новые, так и возрастом свыше шести лет – программируемые логические контроллеры и компьютеры, используемые для управления оборудованием, установленным в структурном подразделении предприятия; также максимальное значение имеет средний показатель по числу технологий, приобретенных в России и за рубежом, однако количество технологий, которые разработаны в собственной организации, уступает другим группам.

Во втором кластере представлены передовые производственные технологии, особенностью которых является возраст свыше шести лет, а также характеризующийся высокими показателями как по разработке в собственной организации, так и приобретенные у других российских компаний – локальная компьютерная сеть для обмена технической, проектно-конструкторской, технологической информацией и локальная компьютерная сеть предприятия.

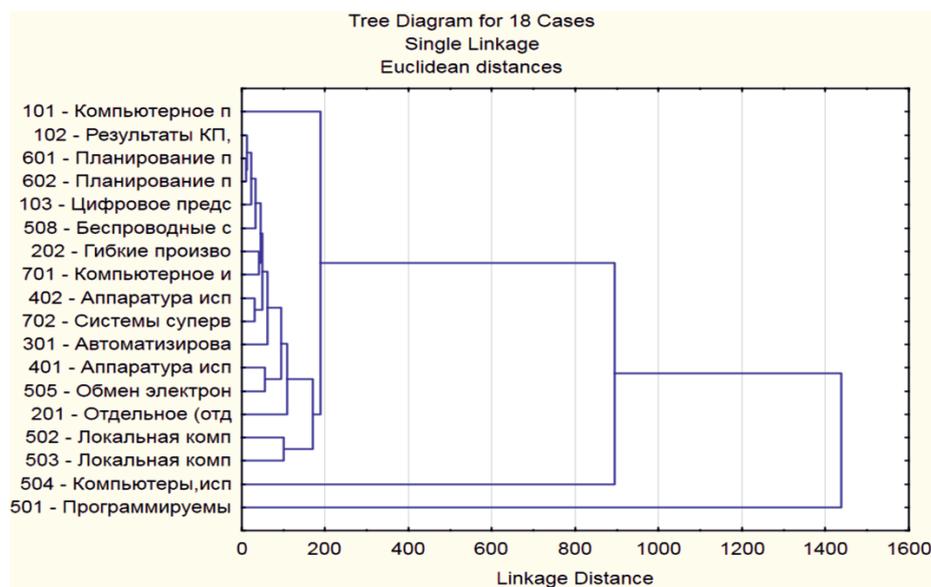


Рис. 3. Дендрограмма кластеризации используемых передовых производственных технологий на нефтехимических предприятиях (составлено автором)

В третий кластер вошли технологии, имеющие возраст свыше шести лет и приобретенные в основном у других российских предприятий, а также у зарубежных компаний – компьютерное проектирование и/или выполнение инженерно-консультационных услуг; отдельное (отдельно стоящее) оборудование (машины); аппаратура, используемая для осмотра поступающих материалов или осуществления контроля в процессе работы и обмен электронной информацией.

В четвертом кластере сосредоточены технологии с самым низким значением новых используемых передовых технологий при относительно высоких показателях приобретаемых технологий у других российских промышленных предприятий – результаты компьютерного проектирования, используемые с целью контроля за производственным оборудованием, машинами; цифровое представление результатов компьютерного проектирования, используемое в заготовительной (снабженческой) деятельности; беспроводные системы связи; планирование потребности в сырье и материалах (MRP-системы); планирование производственных ресурсов (ERP-системы).

В состав пятого кластера вошли технологии, с самым низким средним значением приобретаемых технологий у других российских предприятий с относительно высокими показателями используемых передовых производственных технологий возрастом до одного года и одновременно старше шести лет – гибкие производственные элементы (системы); автоматизированные

системы хранения (складирования) и поиска; аппаратура, используемая для контроля готовых изделий (конечного продукта); компьютерное интегрированное производство; системы супервизорного управления и системы сбора и накопления информации. Средние значения показателей по кластерам используемых передовых производственных технологий в нефтехимической промышленности представлены в табл. 1.

Представленные результаты кластеризации позволяют говорить об их статистической достоверности, что подтверждено Р-значением анализируемых показателей, уровень статистической значимости которых составил менее 0,05 – $P \leq 0,05$ (табл. 2).

Таким образом, в результате кластеризации установлено, что в нефтехимическом комплексе российской промышленности среди систем управления производственными процессами преобладают технологии возраста свыше шести лет, разработанные собственными силами организаций, в то время как процессы управления снабжением сырьем и распределением готовой продукции обеспечены как новыми технологиями сроком до одного года, так и свыше шести лет, приобретенные как у других, так и у зарубежных компаний. Выявленные особенности позволяют сделать вывод о преобладании бизнес-моделей управления производственными процессами на основе закрытых технологий управления с интеграцией в единые цепи проектирования и распределения нефтехимической продукции в бизнес-модели открытого типа.

Таблица 1

Средние значения показателей по кластерам используемых передовых производственных технологий в нефтехимической промышленности (составлено автором)

Показатель	Кластеры используемых передовых производственных технологий				
	1	2	3	4	5
X1	145,5	28,0	48,0	8,6	21,6
X2	1283,5	322,0	169,8	48,2	81,6
X3	36,5	56,5	14,5	13,6	14,0
X4	1208,5	298,5	176,5	57,6	51,8
X5	880,5	91,0	144,3	14,2	74,4

Таблица 2

Оценка статистической значимости итогов кластеризации используемых передовых производственных технологий в нефтехимической промышленности (составлено автором)

Показатель	Between	df	Within	df	F	signif.
X1	32042	5	14042,40	12	5,476	0,007461
X2	2925402	5	5658,50	12	1240,782	0,000000
X3	3700	5	1622,70	12	5,473	0,007478
X4	2848348	5	10131,44	12	674,734	0,000000
X5	1209158	5	33992,78	12	85,370	0,000000

Заключение

При изучении особенностей управления нефтехимическим производством в индустрии 4.0 были сделаны следующие выводы:

1) отмечается ежегодное увеличение числа разработанных и используемых передовых производственных технологий в нефтехимической промышленности с максимальным приростом по таким технологиям, как производственная информационная система; связь и управление; проектирование и инжиниринг;

2) в структуре используемых передовых производственных технологий нефтехимическими предприятиями более половины составляли технологии возрастом свыше шести лет; доля технологий с возрастом до одного года не превышала 10%;

3) более половины используемых передовых производственных технологий на нефтехимических предприятиях были приобретены у других компаний, что указывает на развитие открытых моделей сотрудничества на принципах совместной кооперации;

4) на нефтехимических предприятиях в управлении процессами производства нефтехимической продукции доминировали технологии возраста свыше шести лет, разработанные собственными силами организаций; наряду с этим в управлении процессами в цепях распределения готовой продукции и сырьевых цепях снабжения нефтехимического производства отмечалось присутствие как новых технологий сроком до одного года, так и свыше шести лет, приобретенных у отечественных и зарубежных предприятий-партнеров.

Результаты проведенного исследования являются попыткой обобщения методических подходов к оценке особенностей управления нефтехимическим производством в индустрии 4.0 и могут быть применены при разработке мероприятий по развитию нефтехимического производ-

ства, отвечающего новым технологическим вызовам с учетом специфических особенностей технологической вооруженности нефтехимической промышленности в целом.

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

Список литературы

1. Воронин С.М., Морозова Н.Н. Повышение конкурентоспособности промышленности на основе концепции «индустрия 4.0» // Проблемы управления (Минск). 2019. № 1 (71). С. 15–20.
2. Дравица В., Курбацкий А. Промышленная революция Industry 4.0 // Наука и инновации. 2016. № 3 (157). С. 13–16.
3. Гринберг В., Казанцева О. Проблемы и решения научно-технический форум «технологии обработки материалов, робототехника и индустрия 4.0» // Станкоинструмент. 2019. № 3 (16). С. 36–41.
4. Фролов В.Г., Захаров В.Я., Каминченко Д.И., Павлова А.А. Системные эффекты развития сложных экономических систем в соответствии с концепцией «индустрия 4.0» // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2018. № 4 (52). С. 40–47.
5. Malik S.A., Holt B. Factors that affect the adoption of Enterprise Risk Management (ERM). OR Insight. 2013. Vol. 26, 4. P. 253–269.
6. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Rajskaya M.V., Zimina I.V., Dyrdonova A.N., Misbakhova C.A. Integral technique for analyzing of national innovation systems development. Espacios. 2018. T. 39. № 22. P. 6.
7. Niesen T., Houy C., Fettke P., Loos P. Towards an integrative big data analysis framework for datadriven risk management in Industry 4.0. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). 2016. P. 5065–5074.
8. Lucke D., Constantinescu C., Westkämper E. Smart factory – A step towards the next generation of manufacturing. Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontiers. London: Springer London, 2008. P. 115–118.
9. Кудрявцева С.С., Шинкевич А.И. Применение логистического подхода в моделировании открытых инноваций // Экономика, управление и инвестиции. 2014. № 1 (3). С. 6.
10. Барсегян Н.В. Факторы инновационного развития экономических систем // Инновационное развитие российской экономики: материалы X Международной научно-практической конференции: в 5 томах. 2017. С. 19–23.
11. Росстат [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14477> (дата обращения: 05.03.2021).