

УДК 658.5

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КАК ДРАЙВЕР РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

© 2020 Ф.Ф. Галимулина, А.И. Шинкевич

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Статья поступила в редакцию 08.08.2020

Переход российской экономики к вектору устойчивого развития сопровождается отрицательным внешним эффектом промышленного производства, который проявляется в высокой интенсивности загрязнения окружающей среды, нерациональном ресурсопотреблении и нанесении урона здоровью и интересам общества. Индустрия 4.0 представляет интерес в рамках решения данной проблемы, поскольку инструменты автоматизации и цифровизации способны рационализировать расходы ресурсов, и, соответственно, решать проблемы изъятия природных ресурсов и нарушения экологической обстановки в городах, регионах, странах. Данная проблема обусловила выбор темы и способствовала определению цели нашего исследования, которая заключается в выявлении связей между цифровой трансформацией нефтехимической промышленности и ресурсосбережением на предприятиях отрасли. Методами исследования выступили визуализация процессов, методы первичной (построение диаграмм) и вторичной (экономико-математическое моделирование в формате уравнений множественной регрессии) обработки данных. Результатами исследования являются следующие пункты: предложена принципиальная схема блокчейн-платформы взаимодействия двух звеньев цепи поставок химических реагентов, которая визуализирует процесс информационного обмена, заложенного в основу работы системы SenSef. В результате динамического анализа выявлены позиции нефтехимических производств относительно ресурсосберегающей траектории развития и с учетом активности цифровизации процессов, что в целом свидетельствует о концентрации управленческих решений, в первую очередь, на энергосбережении, а также на рационализации использования свежей воды предприятиями отрасли. На основе экономико-математического моделирования (представленного совокупностью уравнений зависимости ресурсопотребления от цифровых факторов) определены драйверы энерго- и водосбережения на предприятиях обрабатывающего сектора и нефтехимических предприятиях. Предложены приоритетные с точки зрения ресурсосбережения инструменты, автоматизация и мониторинг которых обеспечат развитие отрасли вдоль траектории устойчивого развития. Практическая значимость полученных результатов заключается в обеспечении возможностей рациональной организации нефтехимических производств за счет комплекса драйверов ресурсосбережения (в частности цифровизации).

Ключевые слова: цифровизация, блокчейн, автоматизация, нефтехимические предприятия, энергопотребление, водопользование, ресурсосбережение.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-4-64-73

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

ВВЕДЕНИЕ

Формирование цифрового пространства становится одной из наиболее приоритетных задач развития экономических систем. Интеграция цифровых технологий является элементом поступательного развития экономики, средством адаптации информационной среды под требования глобального рынка. Цифровизация выступает потенциальным драйвером ресурсосберегающего развития и ее преиму-

щества несомненны в условиях признания реальным сектором необходимости ресурсосбережения. Модернизация автоматизированных систем наиболее актуальна в тех отраслях, которые являются ключевыми производителями в российской экономической системе – нефтехимической промышленности, на долю которой приходится 19,6 % всего производства в России, и нефтегазодобывающем секторе с соответствующим показателем в 18,5 % (рис.1). Кроме того, «преобразование приоритетных отраслей экономики... посредством внедрения цифровых технологий» – задача, обозначенная в паспорте Национальной программы «Цифровая экономика РФ» [1]. Отмеченные структурные особенности российской экономики и положения государственных документов детерминируют

Галимулина Фарида Фидаиловна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры логистики и управления. E-mail: 080502e_t@mail.ru

Шинкевич Алексей Иванович, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой логистики и управления. E-mail: ashinkevich@mail.ru

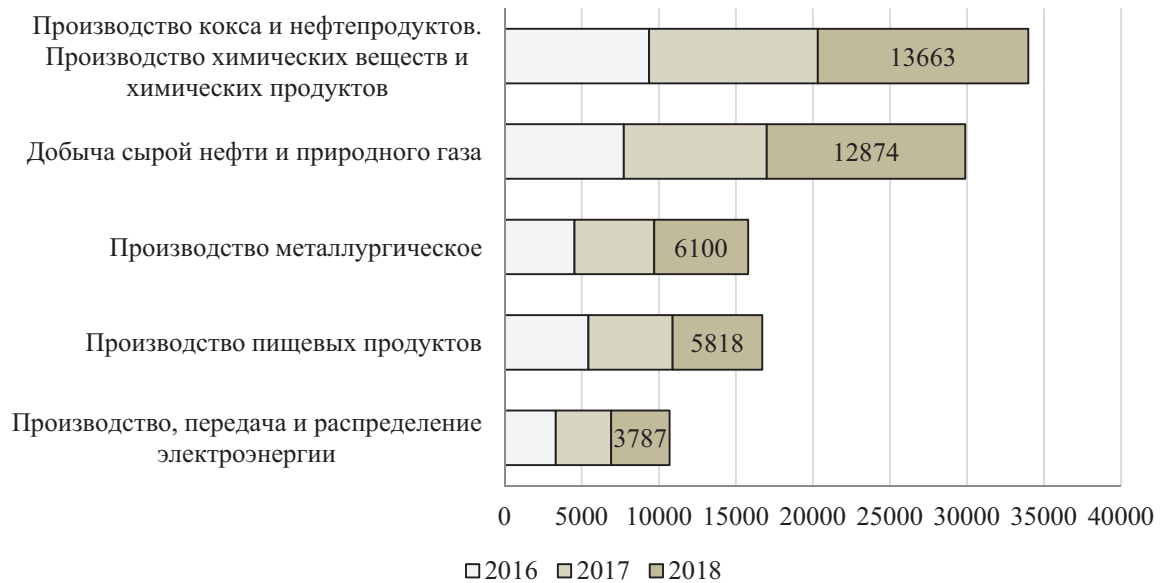


Рис. 1. Объемы отгруженных товаров по видам экономической деятельности, млрд руб.

актуальность цифровизации и первоочередную важность охвата ею нефтехимического сектора экономики.

Вопросы автоматизации нефтехимических процессов представляют особый интерес для представителей научного сообщества. В частности, В.П. Мешалкин и Е.Р. Мошев исследуют вопросы автоматизации промышленных процессов, поддержки трубопроводных систем как инструмента повышения энергоэффективности нефтехимических производств [3]; В.А. Плотников отмечает, что для нефтехимических предприятий важно сосредоточиться на логистических аспектах реализации продукции (затраты, сервис, надежность поставок) [4]; Л.М. Давиденко акцентирует внимание на технологическом развитии обрабатывающей промышленности в условиях цифровой трансформации, а также ее преимуществах в рамках интеграции сложных бизнес-процессов промышленных предприятий [5] и др. Среди зарубежных исследований цифровой трансформации промышленности можно выделить труды S. Ren и др., которые раскрывают понятие «устойчивого интеллектуального производства», интегрировав технологии big data, интеллектуального производства [6]; Т. Papadopoulos и др. [7], К. Lamba и др. [8], осветивших практические вопросы интеграции больших данных и аналитики в управлении цепями поставок и др.

Проблема ресурсосбережения и направления ее решения нашли отражения в научных трудах Л.Б. Директора, уделяющего внимание энергосберегающим технологиям [9]; А.Г. Лаптева, изучающего эффективность энергоресурсов на предприятиях нефтегазохимического комплекса [10]; И.Ш. Шарафеева, внимание

которого сосредоточено на вопросах эффективности использования производственных ресурсов [11]; А.Н. Дырдоновой, исследования которой сконцентрированы на методологических аспектах обеспечения энергоемкости нефтехимических предприятий [12]; коллектива зарубежных ученых под руководством S.C.L. Koh, уделивших внимание методическим вопросам оценки эффективности ресурсосбережения в корреляции с социальным благополучием [13] и др.

Исследования преимущественно сосредоточены на оптимизации узких вопросов нефтехимических процессов, их автоматизации и цифровизации. В связи с этим важным становится вопрос формирования единой цифровой платформы функционирования нефтехимической промышленности, позволяющей реализовать системный подход к управлению ресурсоемкими процессами и наладить коммуникационный механизм во внутренней среде предприятия и с внешними контрагентами. Существенным дополнением к рациональной организации процесса автоматизации является определение комплекса инструментов, обеспечивающих возможность регулирования обслуживающих процессов в целях достижения ресурсосберегающего эффекта.

Таким образом, настоящее исследование направлено на построение принципиальной схемы блокчейна в части обмена данными между промышленным предприятием и контрагентом, а также экономико-математическое моделирование, позволяющее выявить параметры, подлежащие мониторингу в рамках блокчейна, что комплексно обеспечит возможность воздействия на ресурсосберегающее развитие нефтехимического сектора экономики.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование влияния цифровизации на ресурсосбережение реализовано посредством таких методов, как визуализация процессов, методы первичной (построение диаграмм) и вторичной (экономико-математическое моделирование) обработки данных.

Так метод визуализации обеспечивает системное восприятие информации и графическую интерпретацию сложных потоков информации, финансов и материалов. Первичная обработка данных позволяет отразить положение и динамику исследуемых объектов.

Вторичная обработка данных в рамках настоящего исследования предполагает построение ряда математических зависимостей, позволяющих определить драйверы ресурсосберегающего развития в обрабатывающем и нефтехимическом секторе экономики. Целью моделирования является построение комплекса уравнений множественной регрессии, служащего методической базой для прогнозирования ресурсосберегающего развития отраслей. Источниками данных послужили статистические сборники Росстата и ВШЭ [2; 16].

Построение систем уравнений осуществляется в несколько этапов, каждому соответствует определенный набор параметров.

1) Построение моделей, отражающих влияние цифровой трансформации обрабатывающих производств на потребление ресурсов. В качестве зависимых переменных Y_1 и независимых переменных x_1 отобраны следующие переменные:

Y_1 – общий объем энергоресурсов, потребленных предприятиями обрабатывающей промышленности, млн т условного топлива;

Y_2 – использовано свежей воды предприятиями обрабатывающей промышленности, млрд м куб.;

x_1 – доля организаций обрабатывающего сектора, использовавших серверы, %;

x_2 – доля организаций обрабатывающего сектора, использовавших глобальные информационные сети, %;

x_3 – доля организаций обрабатывающего сектора, использовавших электронный документооборот (ЭДО), %;

x_4 – доля организаций обрабатывающего сектора, приобретающих программные средства в рамках инновационной деятельности, в общем числе организаций обрабатывающего сектора, осуществлявших технологические инновации, %;

x_5 – размер инвестиций в основной капитал организаций обрабатывающего сектора, млрд руб.

2) Построение моделей, представляющих зависимость ресурсопотребления нефтехимических производств от независимых переменных.

2.1) Снижение потребления энергоресурсов химическими производствами:

$Y_{1.1}$ – общий объем энергоресурсов, потребленных химическими предприятиями, млн т условного топлива;

x_6 – использовано свежей воды предприятиями химических производств, млн м куб.;

x_7 – доля предприятий химических производств, приобретающих программные средства в рамках инновационной деятельности, в общем числе организаций химических производств, осуществлявших технологические инновации, %;

x_8 – удельный вес затрат химических производств на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %;

2.2) Снижение потребления энергоресурсов нефтепродуктовыми производствами:

$Y_{1.2}$ – объем продуктов переработки топлива, потребленных нефтепродуктовыми производствами, млн т условного топлива (выбор управляемой переменной обусловлен тем фактом, что на данный вид ресурсов приходится около 40 % энергоресурсов, потребляемых предприятиями по производству кокса и нефтепродуктов);

x_9 – удельный вес затрат предприятий по производству кокса и нефтепродуктов на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %;

x_{10} – инвестиции предприятий по производству кокса и нефтепродуктов в основной капитал, млрд руб.

Оценка моделей осуществляется на основе коэффициента детерминации R-квадрат, который при значениях выше 0,9 свидетельствует о высоком качестве модели; F-критерия Фишера, который отражает адекватность полученной зависимости; t-критерия Стьюдента, свидетельствующий о значимости полученных коэффициентов.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА БЛОКЧЕЙН-ПЛАТФОРМЫ

Исследование опыта автоматизации процессов в нефтегазохимическом комплексе позволило выявить представленную компанией Chemexsol автоматизированную систему SenSef – интегрированная блокчейн-площадка, доступ к которой предоставляется заказчику и поставщику специальной химии [14]. Несомненные преимущества обеспечиваются посредством интеграции обоих звеньев цепи поставок в единую цифровую платформу, позволяющую осуществлять мониторинг протекания химических процессов и поставщиком, и заказчиком. По принципу работы автоматизированной системы SenSef нами дополнен и визуализирован

процесс взаимодействия поставщика и заказчика на основе блокчейн-платформы, интегрирующей 6 блоков, каждый из которых охватывает ряд подпроцессов (рис. 2).

1) «Заявка»: по принципу «тянущей» системы на основе маркетинговых исследований рынка, в частности результатов анализа целевых рынков, конкурентов, предпочтений потребителей, формируется план производства и определяются потребности в материально-технических ресурсах, в том числе в химических реагентах; заявка на реагенты размещается в блокчейн-среде, обрабатывается и при положительном решении поставщик принимает и формирует заказ на реагенты, в результате чего последние отгружаются и транспортируются заказчику.

2) «Установка». По принятию реагентов заказчик устанавливает датчики и подключает их к технологической цепи с целью мониторинга качества и количества использования реагентов на каждом этапе производственного процесса в соответствии с требованиями технологии. Данный процесс сопровождается интеграцией датчиков в блокчейн-платформу и сопутствующей выгрузкой криптоданных о подключении, вследствие чего поставщик в личном кабинете цифровой платформы получает уведомление об установке.

3) «Соглашение». После того, как датчики установлены и готовы к работе, обе стороны подтверждают согласие об автоматизированном исполнении обязательств и подписывают смарт-контракт, который формируется в виде

«облачного» документа в блокчейн-платформе. Для подтверждения данного документа стороны применяют электронные цифровые подписи.

4) «Мониторинг». При подаче реагентов в технологическую цепочку установленные считыватели снимают показания и в зашифрованном виде формируются в блокчейне и в автоматическом режиме отображаются в личном кабинете поставщика. Таким образом обеспечивается возможность контроля над протеканием химического процесса.

5) «Отчетность». По завершении технологического процесса в блокчейне автоматически формируются отчет и акт о результатах применения реагентов, которые также в виде информативных уведомлений поступают в личные кабинеты поставщика и заказчика.

6) «Оплата». В результате совершенной транзакции происходит исполнение договорных обязательств.

Каждый блок данных в представленной цифровой платформе обеспечен криптографической защитой. В результате все операции и сопутствующие им криптоданные являются прозрачными для заинтересованных участников, конфиденциальными, надежными, целостными и достоверными. К платформе подсоединяются лишь те лица, которые подтвердили свою аутентичность. Конфиденциальность достигается посредством шифрования и различных паролей, смарт-карт и др. Надежность заключается в отсутствии возможности несанкционированно и скрытно корректировать данные. Обеспечение

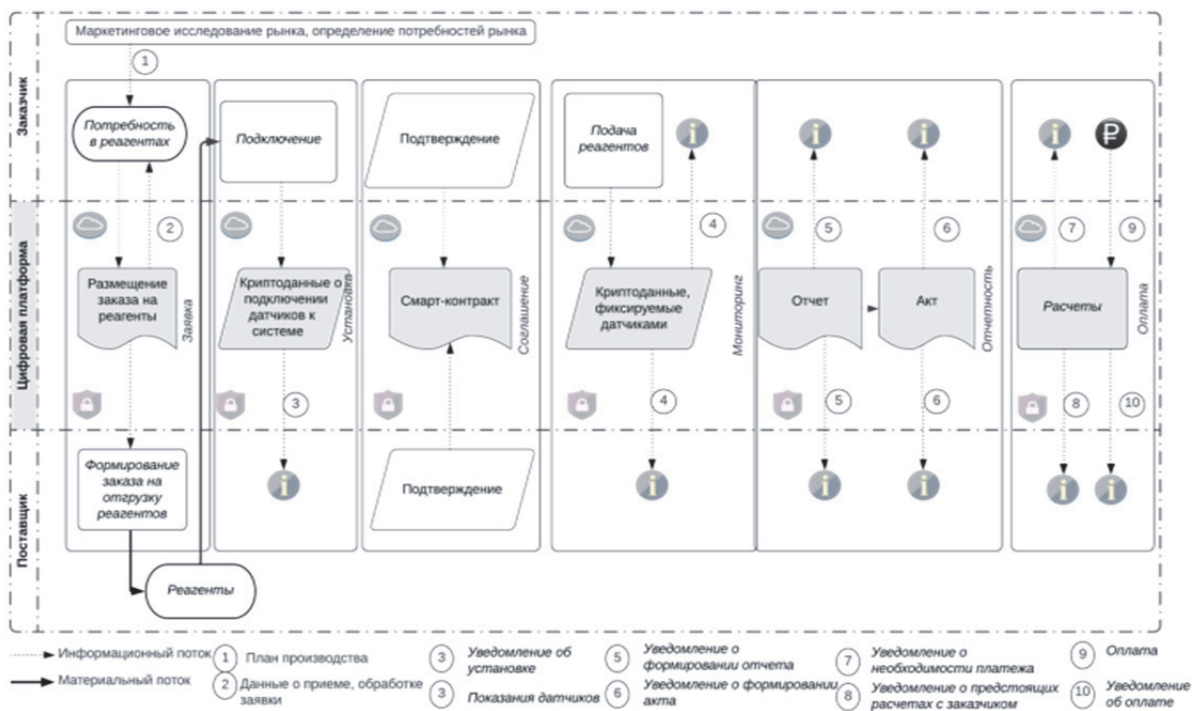


Рис. 2. Модель блокчейн-платформы взаимодействия двух звеньев цепи поставок химических реагентов (построено авторами по принципу работы SenSef [14])

целостности осуществляется в результате подтверждения действий электронными цифровыми подписями сторон и шифрования. Достоверность фиксируемых данных достигается за счет автоматизации считывания информации с датчиков и далее – формировании криптоданных в блокчейн-платформе.

Таким образом, помимо повышения качества выпускаемой продукции, сокращения операционных затрат и т.д. [15] формируется эффективная коллаборативная среда, способствующая рациональному ресурсопотреблению, в частности использованию химических реагентов, энергоснабжения химических процессов, минимизации ошибок в предоставлении данных и формировании отчетов и иных сопроводительных документов и т.д.

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗМЕНЕНИЙ ХАРАКТЕРА РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЯ

Актуальность автоматизации и ресурсосбережения определяют необходимость построения матрицы позиционирования отдельных секторов обрабатывающей промышленности в зависимости от использования водных, энергетических ресурсов и цифровизации, представленной в виде доли организаций, внедряющих программные средства, учитываемые как технологические инновации. Выделены 4 квадранта, присвоение категории которым детерминировано характером динамики ресурсопотребле-

ния (от положительной к отрицательной), а также вкладом ресурсообеспечивающих отраслей в формирование ВВП.

Критерием использования водных ресурсов послужил темп прироста использования свежей воды предприятиями обрабатывающего сектора в целом, а также нефтехимическим, металлургическим сектором и производствами неметаллической минеральной продукции (по статистическим данным отраслей за 2010-2017 годы). Оценка темпов прироста потребления энергетических ресурсов (2010-2017 годы) основана на суммарном объеме потребления отраслями природного топлива (нефти, газа и угля), продуктов переработки топлива, горючих побочных энергоресурсов, электро- и теплоэнергии. На рис. 3 представлены позиции ряда обрабатывающих отраслей, а также доля организаций, осуществляющих внедрение программных продуктов.

Посредством построения матрицы сформированы 4 категории секторов экономики с отличительными характеристиками ресурсопотребления. Для квадранта I характерны положительные темпы прироста потребления водных и энергетических ресурсов. Это предприятия по производству кокса и нефтепродуктов, для которых динамика прироста энергопотребления (в среднем ежегодно прирост составляет 2,21 %) преобладает над водопользованием (0,43 %). Сектор в целом отличается высокой цифровой активностью – 43,2 % организаций в 2017 году приобрели программные средства. В отношении данных производств важнейшей задачей является рационализация использования при-

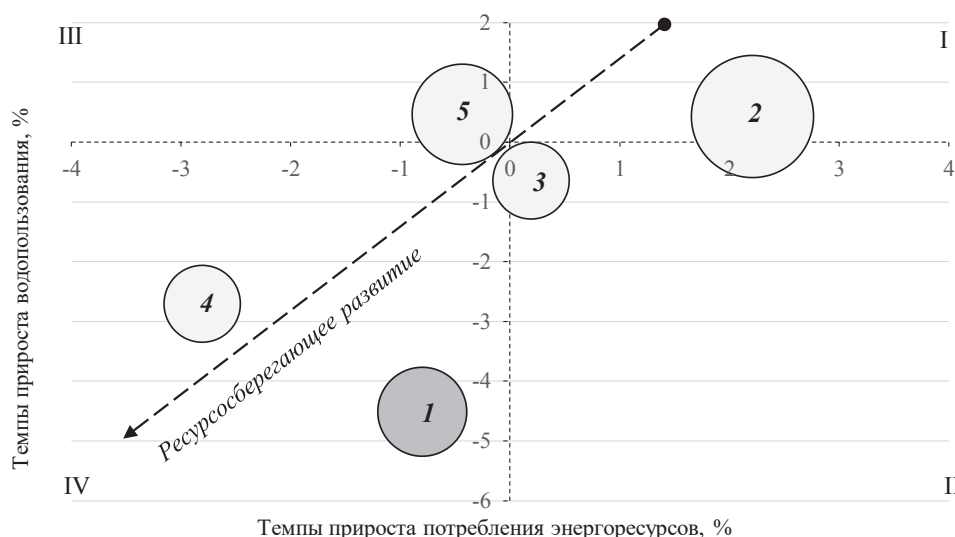


Рис. 3. Позиционирование обрабатывающих производств в зависимости от изменений характера ресурсопотребления (построено авторами по данным Росстата и ВШЭ [2; 16]):

1 – обрабатывающие производства в целом; 2 – производство кокса и нефтепродуктов;

3 – производство химических веществ и химических продуктов, а также производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях; 4 – производство прочей неметаллической минеральной продукции; 5 – металлургическое производство и производство готовых металлических изделий; размеры пузырьков – доля организаций, приобретающих программные средства, в общем числе организаций, осуществляющих технологические инновации, по видам экономической деятельности

обруаемых программных средств в целях сокращения потребления водо- и энергоресурсов.

Определение квадрантов II и III обусловлено вкладом отраслей водо- и энергоснабжения в формирование ВВП, доля которых составляет 0,5 и 2,7 % в структуре валовой добавленной стоимости [2]. Так в квадрант II попадают химические производства, отличающиеся снижением темпов водопользования (в среднем ежегодно прирост составляет 0,64 %) несмотря на рост отгруженной продукции предприятиями отрасли, но положительным приростом энергопотребления – в среднем на 0,19 % ежегодно. Интеграция цифровых технологий в бизнес-процессы предприятиями химических производств осуществляется менее интенсивно – 17,2 % организаций. С позиции ресурсосберегающего развития также необходимы активные меры по снижению энергопотребления предприятиями отрасли.

Отраслью квадранта III выступает металлургическое производство, для которого при стабильном росте объемов отгруженной продукции характерно сокращение потребления энергоресурсов в среднем на 0,43 %, но увеличение использования свежей воды в производстве – в среднем на 0,47 %. Полагаем, что энергоресурсосбережение детерминируется относительно высокой долей организаций отрасли, внедряющих новые программные средства – 29,3 % организаций.

Квадрант IV представлен обрабатывающим сектором в целом и предприятиями, производящими прочую неметаллическую минеральную продукцию, и трактуется как область с позитивными тенденциями в ресурсопотреблении. В обрабатывающем секторе необходимо отметить сокращение водопользования на 4,51 % и энергопотребления на 0,8 %; в производствах прочей неметаллической минеральной продукции – на 2,71 % и 2,81 % соответственно.

Таким образом, в результате построения матрицы ресурсопотребления определены области стратегического развития, выявлены позиции химических производств и нефтепродуктового

сектора относительно вектора ресурсосберегающего развития. Модернизация нефтехимического сектора экономики вдоль обозначенного вектора в первую очередь должна охватывать 2 блока мероприятий:

- по снижению энергопотребления химических производств и производства нефтепродуктов;
- по сокращению водопользования производствами нефтепродуктов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГО- И ВОДОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО СЕКТОРА И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В целях автоматизации приоритетных с точки зрения ресурсосбережения процессов применены методы экономико-математического моделирования. Проведен корреляционно-регрессионный анализ и построены уравнения регрессии, отражающие характер и степень влияния факторов цифровизации, инновационного развития и инвестирования на потребление ресурсов в нефтехимическом секторе.

На первом этапе получены два уравнения множественной регрессии, позволяющие определить характер влияния цифровизации на ресурсосберегающее развитие предприятий обрабатывающего сектора (табл. 1).

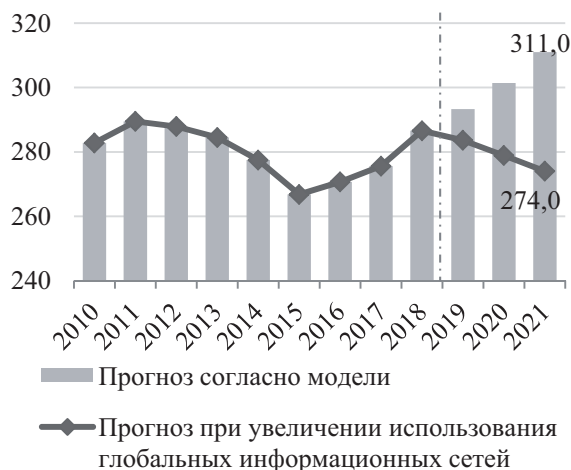
Высокое качество построенных моделей позволяет резюмировать возможность их практического применения и определения приоритетных направлений автоматизации. Наблюдается обратная зависимость уровня энергопотребления обрабатывающим сектором от степени интеграции информационных сетей в деятельности предприятий. При этом заметного снижения энергопотребления возможно добиться посредством более активного использования предприятиями сектора глобальных информационных сетей в сравнении с аппроксимированным значением показателя (полиномиальной линии тренда). Данный фактор следует обозначить как драйвер и наилучший предиктор в прогно-

Таблица 1. Экономико-математическое моделирование влияния цифровизации на потребление ресурсов обрабатывающими производствами (разработано авторами)

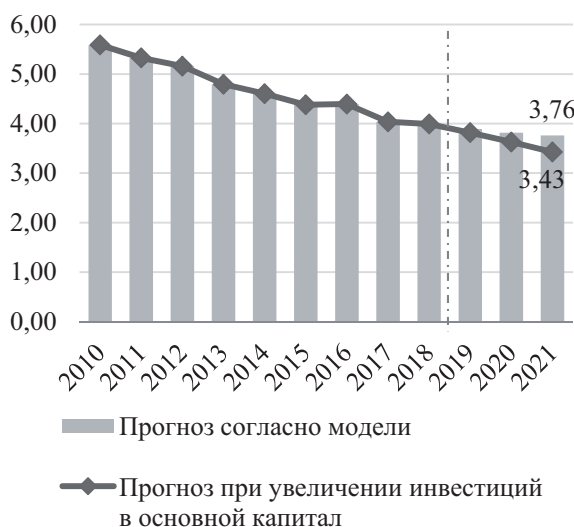
Модели зависимостей		
Энергопотребление: $Y_1 = 665,05 - 0,6 \cdot x_1 - 4,72 \cdot x_2 + 1,49 \cdot x_3$		
Коэффициент детерминации	$R^2 = 0,97$	высокое качество модели
F-критерий Фишера	$F_{расч.} > F_{табл.} (38,35 > 6,6)$	уравнение значимо
t-критерий Стьюдента	p-значение < 0,05	коэффициенты существенны
Водопотребление: $Y_2 = 5,62 + 0,07 \cdot x_4 - 0,02 \cdot x_3 - 0,001 \cdot x_5$		
Коэффициент детерминации	$R^2 = 0,99;$	высокое качество модели
F-критерий Фишера	$F_{расч.} > F_{табл.} (185,15 > 6,6);$	уравнение значимо
t-критерий Стьюдента	p-значение < 0,05.	коэффициенты существенны

зировании ресурсосберегающего развития обрабатывающего сектора в целом, в связи с чем мы полагаем, что ежегодный прирост доли организаций обрабатывающего сектора, использующих глобальные информационные сети, на 1 % (вместо прогнозируемого снижения до 88 % к 2021 году) при сохранении прогнозных значений прочих переменных (увеличения доли организаций, использующих серверы, до 79,5 % и организаций, использующих ЭДО, до 73,9 %) обеспечит отклонение от ёмкого энергопотребления на 11,9 % и будет способствовать развитию обрабатывающего сектора вдоль вектора ресурсосбережения (рис. 4а). Влияние меньшей степени отмечено в рамках применения ЭДО, что в определенной степени препятствует энергосбережению и детерминировано затратами электроэнергии на эксплуатацию информационной среды в целях документационного обеспечения процессов предприятий.

В результате диагностики экономико-математической модели управления водопотреблением можно констатировать, что процессы приобретения программных средств и использования свежей воды в обрабатывающем секторе находятся в сильной прямой зависимости (коэффициент корреляции составляет 0,91). Высокое качество уравнения множественной регрессии подтверждает данную латентную зависимость и позволяет предположить, что закупка программных комплексов осуществляется предприятиями сектора в целях, не пересекающихся с управлением ресурсами, что обуславливает необходимость диагностики задач, на решение которых направлены закупаемые программные средства. Также выявлены драйверы водосбережения – развитие систем ЭДО и повышения объемов инвестирования в формирование блокчейн-платформы. Ежегодный 1-процентный прирост инвестиций (вместо



а) Прогнозирование общего объема потребления энергоресурсов, млн т условного топлива



б) Прогнозирование объемов использования свежей воды, млрд м куб.

Рис. 4. Прогнозирование ресурсопотребления предприятиями обрабатывающего сектора экономики (построено авторами на основе данных Росстата и полученных моделей)

прогнозного сокращения) до 2280,8 млрд руб. с вероятностью более 80 % будет способствовать сбережению водопотребления (рис. 4б).

Таким образом, полученные модели позволили построить альтернативные прогностические модели потребления ресурсов и выявить приоритетные направления автоматизации процессов, способствующих ресурсосберегающему развитию обрабатывающего сектора экономики в целом.

На втором этапе построены экономико-математические модели, определяющие направления воздействия на объемы потребляемых ресурсов нефтехимическими производствами (табл. 2).

Все полученные модели прошли оценку на предмет качества, адекватности и значимости, что также определяет их высокую прогностическую ценность. Так сокращению энергопотребления химическими производствами будут способствовать развитие технологических инноваций и приобретение программных средств (преобладающий предиктор). Наименьшее из включенных в модель влияние, но при этом положительное, оказывает водопользование, темпы прироста которого в химических производствах сокращаются, вследствие чего допускается факт невысокого повышения объемов использования свежей воды предприятиями отрасли (табл. 3).

Объемы потребления продуктов переработ-

ки топлива находятся в прямой зависимости от инноваций и инвестиций, вследствие чего мы полагаем, что данные направления деятельности предприятий по производству кокса и нефтепродуктов осуществляются недостаточно эффективно и не учитывают принципы концепции ресурсосбережения. Данное предположение диктует необходимость автоматизации мониторинга управления технологическими инновациями предприятий отрасли и инвестированием данного направления. В рамках настоящего исследования принято допущение, что обе управляемые переменные – удельный вес затрат предприятий по производству кокса и нефтепродуктов на технологические инновации и объем инвестиций предприятий в основной капитал – будут ежегодно сокращаться на 1 %, но при осуществлении мониторинга обеспечат больший экономический и экологический эффект (табл. 3).

Более сложный управленческий механизм выявлен в отношении водопотребления нефтепродуктовыми производствами. Процесс моделирования в данном случае специфичен и отличается тем, что объемы водных ресурсов, используемых предприятиями по производству кокса и нефтепродуктов, определяются не столько инновационной и инвестиционной активностью, сколько привлечением дополнительных объемов природного топлива.

Таблица 2. Экономико-математическое моделирование зависимости потребляемых нефтехимическим сектором энергоресурсов (разработано авторами)

Модели зависимостей		
Энергопотребление химическими производствами: $Y_{1,1} = 29,17 + 0,02 * x_6 - 0,3 * x_7 - 0,49 * x_8$		
Коэффициент детерминации	$R^2 = 0,97$	высокое качество модели
F-критерий Фишера	$F_{расч.} > F_{табл.} (39,49 > 6,6)$	уравнение значимо
t-критерий Стьюдента	p-значение < 0,05	коэффициенты существенны
Энергопотребление нефтепродуктовыми производствами: $Y_{1,2} = 9,59 + x_9 + 0,02 * x_{10}$		
Коэффициент детерминации	$R^2 = 0,91$	высокое качество модели
F-критерий Фишера	$F_{расч.} > F_{табл.} (26,17 > 5,79)$	уравнение значимо
t-критерий Стьюдента	p-значение < 0,05	коэффициенты существенны

Таблица 3. Прогнозирование ресурсопотребления к 2021 году (построено авторами на основе данных Росстата и полученных моделей)

Прогнозирование	Значения зависимой переменной	Эффект
Общее энергопотребление химическими производствами, млн т условного топлива		
Согласно модели	44,63	
При ежегодном 1-процентном повышении x_7 и x_8	41,11	-3,51
Потребление продуктов переработки топлива нефтепродуктовыми производствами, млн т условного топлива		
Согласно модели	21,54	
При ежегодном 1-процентном снижении x_9 и x_{10}	21,07	-0,47

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное исследование позволило по принципу работы системы SenSef визуализировать принципиальную схему блокчейна в нефтехимических производствах, охватывающую автоматизацию таких функциональных блоков, как снабжение, эксплуатация и оплата. Представленная модель блокчейна систематизирует операции, осуществляемые в рамках взаимодействия предприятия-производителя и предприятия-поставщика химических реагентов, детализирует информационные сообщения между сторонами транзакции.

На основе экономико-математического моделирования предложены драйверы развития, учет приоритетности которых позволит предприятиям нефтехимического сектора реализовать принципы ресурсосбережения. К числу данных драйверов относим автоматизацию и цифровизацию бизнес-процессов, инновационную и инвестиционную активность предприятий сектора. В качестве рекомендаций для обрабатывающего сектора в целом предлагается:

1) в целях энергосбережения: стимулирование организаций к интеграции глобальных информационных систем и серверов; мониторинг эффективности использования ЭДО;

2) в целях рационализации водопользования: развитие систем ЭДО и инвестирование в цифровизацию, а также диагностика целей и задач, на решение которых направлены закупаемые предприятиями программные средства.

Также определены драйверы энергосберегающего развития:

1) химических производств: приобретение программных комплексов и сосредоточение на технологических инновациях;

2) предприятий по производству кокса и нефтепродуктов: развитие технологических инноваций и инвестиционная активность (вдоль вектора автоматизации и цифровизации).

Полученные результаты имеют высокую практическую ценность с точки зрения рациональной организации нефтехимических производств, представляют собой комплекс драйверов ресурсосбережения (в частности цифровизации), автоматизация и мониторинг которых обеспечат развитие отрасли вдоль траектории устойчивого развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паспорт национального проекта «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации»» [Электронный ресурс]: протокол заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам № 7 от 4 июня 2019 г. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Росстат. URL: <https://www.gks.ru> (дата обращения: 21.07.2020).
3. Meshalkin V.P., Moshev E.R. Modes of functioning of the automated system «pipeline» with integrated logistical support of pipelines and vessels of industrial enterprises // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2015. Т. 44. № 7. С. 580-592.
4. Плотников В.А. Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2018. № 4 (112). С. 16-24.
5. Давиденко Л.М., Беспалый С.В., Бекниязова Д.С. Ресурсная парадигма построения промышленной экосистемы цифрового формата // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2020. № 1 (80). С. 58-68.
6. A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: a framework, challenges and future research directions / S. Ren, Y. Zhang, Y. Liu, T. Sakao, D. Huisingsh, C.M.V.B. Almeida // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 210. P. 1343-1365.
7. Big data and analytics in operations and supply chain management: managerial aspects and practical challenges / T. Papadopoulos, A. Gunasekaran, R. Dubey, S. Fosso Wamba // Production Planning and Control. 2017. № 28(11-12). P.873-876.
8. Lamba K., Singh S.P. Big data in operations and supply chain management: current trends and future perspectives // Production Planning and Control. 2017. № 28(11-12). P. 877-890.
9. Директор Л.Б., Майков И.Л., Иванов О.А. Задача оптимизации автономных энергетических комплексов в составе локальных распределительных сетей // Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2012. № 4. С. 33.
10. Башаров М.М., Лантев А.Г. Энергосбережение и энергоэффективность на объектах промышленной теплоэнергетики в нефтегазохимическом комплексе // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2014. № 4 (24). С. 7-18.
11. Мардамышин И.Г., Шарафеев И.Ш., Мингалеев Г.Ф. Корреляция производственных ресурсов и трудоемкости изделия // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2018. Т. 74. № 2. С. 72-78.
12. Dyrdonova A.N., Lin'kova T.S. Principles of petrochemical cluster' sustainability assessment based on its members' energy efficiency performance // International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems 2019 (SES-2019). 2019. Vol. 124. P. 04013.
13. Integrated resource efficiency: measurement and management / S.C.L. Koh, J. Morris, S.M. Ebrahimi, R. Obayi // International Journal of Operations & Production Management. 2016. Vol. 36. P. 1576-1600.
14. SenSef. URL: <https://sensef.io/> (дата обращения: 21.07.2020).
15. Шинкевич А.И., Барсегян Н.В. Пути повышения эффективности организации производственных процессов на нефтехимических предприятиях за счет применения систем автоматизации // Русский инженер. 2019. №4. С. 48-51
16. Индикаторы инновационной деятельности. URL: <https://www.hse.ru/primarydata/ii> (дата обращения 21.07.2020).

**DIGITAL TRANSFORMATION AS THE DEVELOPMENT DRIVER
OF RESOURCE-SAVING IN THE PETROCHEMICALS INDUSTRY**

© 2020 F.F. Galimulina, A.I. Shinkevich

Kazan National Research Technological University

The transition of the Russian economy to the sustainable development is accompanied by a negative production externalities, which is manifested in high-intensity environment pollution, environmental abuse and damage health and interests of society. Industry 4.0 is of interest in solving this problem, since automation and digitalization tools can rationalize resource consuming, and, consequently, solve the problems of natural resource extraction and environmental violations in cities, regions, and countries. This problem led to the choice of the research subject and contributed to the determination of the goal of our research, which is to identify the links between the petrochemical industry' digital transformation and resource conservation in the industry. The research methods are visualization of processes, methods of primary (diagram construction) and secondary (mathematical modelling in economics in the multiple regression equations' format) data processing. The results of the research are the following points: a schematic diagram of a blockchain platform for interaction between two links in the chemical supply chain is proposed, that visualizes the information exchange process, which is the basis of the SenSef system. As a result, dynamic analysis revealed the positions of petrochemical production is relatively resource-saving development path, and given the activity of digitalization processes, that generally indicates the concentration of managerial decisions, primarily on energy efficiency and on rationalization of water consumption by industry. Based on mathematical modelling in economics (represented by the equations for the dependence of resource consumption on digital factors), the drivers of energy and water saving in the manufacturing and petrochemical enterprises are determined. Priority tools from the point of view of resource saving are proposed, automation and monitoring of which will ensure the industrial development along the path of sustainable development. The practical significance of the results obtained is to provide opportunities for rational organization of petrochemical production due to resource-saving drivers (including digitalization).

Keywords: digitalization, blockchain, automation, petrochemical enterprises, energy consumption, water use, resource conservation.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-4-64-73