

**ЛОГИКО-ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОЦЕССАМИ «УМНОГО» ПРОИЗВОДСТВА**

© 2021 Р.К. Нургалиев, А.И. Шинкевич

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

Статья поступила в редакцию 31.03.2021

В статье представлено исследование специфики «умного» производства, положительный эффект которого безусловно признается промышленными предприятиями. Это повышение эффективности производства, обеспечение надежности, устойчивости и безопасности технологических систем, уменьшение нагрузки на окружающую среду. В условиях цифровой трансформации промышленности открываются новые возможности для достижения отмеченного эффекта. В связи с этим важным становится моделирование процессов «умного» производства, декомпозиция системы управления механизмами и инструментами. Цель исследования заключается в построении логико-информационной модели, отражающей специфику управления процессами «умного» производства. В качестве методов исследования применены сравнительный анализ (в разрезе отраслей и территорий); формализация, наглядно представляющая сведения об управлении процессами «умного» производства в виде схем и моделей; математические и статистические методы, лежащие в основе кластерного анализа. В результате исследования получены следующие результаты: формализована общая схема «умного» производства, учитывающая процессы получения нефтехимического продукта, управляющие воздействия, механизмы и необходимые ресурсы, учитывающая ориентиры устойчивого развития; выявлена типология регионов России в зависимости от уровня интеллектуализации производств по признакам активности организаций с точки зрения использования информационно-коммуникационных технологий в целях автоматизации процессов и проектирования: регионы с низкой, средней и высокой активностью интеллектуализации производств; предложена логико-информационная модель управления процессами «умного» производства, охватывающая этапы интеграции и эксплуатации цифровых технологий, производственных активов промышленных предприятий и кадрового обеспечения, отличающаяся объектом моделирования и системно описывающая функционирование интеллектуального производства. Практическая значимость результатов обусловлена возможностью грамотного управления процессами в условиях реализации цифровых решений и устойчивого развития промышленности.

Ключевые слова: процессы, «умное» производство, нефтехимические производства, кластеризация, логико-информационная модель, IDEF₀.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-2-29-36

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

ВВЕДЕНИЕ

Технологическая ценность интеллектуальных инструментов управления процессами промышленных предприятий признаётся всё большим числом потенциальных пользователей. Осознание стратегической важности обусловлено преимуществами, обеспечиваемыми интеллектуализацией производства, к числу которых относятся повышение качества обработки большого массива данных о процессах, проектиро-

вания технологических систем, выпускаемой продукции, эффективности производства, ресурсосбережения, сокращения производственного цикла и др.

Умное производство – это автономная, саморегулируемая, гибкая система управления технологическими процессами, интегрированная в виртуальную среду предприятия. В условиях «умного» производства управление процессами предполагает их постоянную корректировку и совершенствование с учётом текущих данных, получаемых в ходе протекания процессов [1].

Весьма сложными являются нефтехимические производства, внутри которых протекают разнообразные химические процессы и реакции, требующие непрерывного мониторинга и гибкости. Гибкость технологических процессов предполагает низкие затраты времени и ресурсов на переналадку данных процессов. Интел-

Нургалиев Рустам Карлович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Систем автоматизации и управления технологическими процессами». E-mail: Nurgaliev@yandex.ru

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

лектуализация производства способна обеспечить данную гибкость, а также автоматизировать процессы очистки сырья для нефтехимических процессов, дозирования, концентрацию ингредиентов, и, как следствие, оптимизировать химический состав продукта.

Необходимость построения «умного» производства обусловлена также:

1) высокими удельными затратами энергоресурсов (природного топлива, электро- и теплоэнергии). Химическое производство является одним из крупных потребителей энергии – 0,0102 т. условного топлива на 1000 руб. отгруженных товаров, работ и услуг, производство кокса и нефтепродуктов – 0,005 т. условного топлива, производство резиновых и пластмассовых изделий – 0,0023 т. условного топлива (рис. 1);

2) высоким уровнем удельных отходов по химическому производству – 0,013 т на 1000 руб. отгруженных товаров, работ и услуг (наибольшие значения показателя отмечены по текстильному (0,172 т) и металлургическому (0,022 т) производствам) (рассчитано по данным Росстата);

3) сравнительно высоким удельным объемом загрязняющих атмосферу выбросов; химическое производство уступает металлургиче-

скому производству, производству древесины и неметаллической минеральной продукции;

4) высоким объемом сброса загрязненных сточных вод (химическое производство уступает лишь производству бумаги);

5) наиболее высокой удельной себестоимостью реализованной продукции производства кокса и нефтепродуктов (1,02 руб.) среди обрабатывающих отраслей (химическое производство – 0,57 руб., производство резиновых и пластмассовых изделий – 0,53 руб.).

Отмеченный отрицательный внешний эффект возможно минимизировать посредством интеллектуализации нефтехимических производств, потенциальным результатом которой является энерго- и ресурсоэффективность, рационально природопользование. В связи с вышесказанным стратегическую важность обретает проблематика управления процессами «умного» производства, и, прежде всего, в нефтехимических отраслях, исследованию которой посвящена данная работа.

Развитие теоретических и практических аспектов построения «умного» производства и внедрения цифровых технологий в промышленности нашло отражение в виде архитектурной



Рис. 1. Затраты энергоресурсов на 1000 руб. отгруженных товаров, работ и услуг по видам экономической деятельности (обрабатывающие производства), т. усл. топлива на 1000 руб. (рассчитано по данным Росстата)

модели подсистемы логического управления [2], метода мультиагентного диспетчирования безлюдных роботизированных производств [3], интеллектуальной системы управления качеством полимерных пленок [4], принципов управления криптоданными [5]. Отдельное внимание в научной литературе отводится вопросам кадрового обеспечения, а именно: с точки зрения специфики выполнения задач производственным персоналом в условиях «цифровых» производств [6]; в контексте совершенствования нефтехимических производств и внедрения принципов бережливого производства, при проектировании бережливых организационных структур [7]; подготовки квалифицированных кадров для «зеленых» и «умных» предприятий [8] и других аспектах.

Информационные модели управления процессами в условиях автоматизации и интеллектуализации промышленных производств нашли отражение в контексте формирования технологической карты ремонта трубопроводов химических производств [9], функционального подхода к управлению малым инновационным предприятием, применяющим технологии быстрого прототипирования [10], исследования жизненного цикла нефтехимической продукции [11], развития «умных» производственных комплексов и внедрения киберфизических систем [12] и т.д.

Однако аналитический обзор предложенных авторами информационных моделей позволил выявить, что основной акцент ученые делают не столько на управлении процессами, сколько на внедрении инструментов «умного» производства или их реализации в разрезе функциональной структуры предприятия. В связи с этим считаем необходимым разработку логико-информационной модели, объектом которой будут выступать процессы «умного» производства.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящее исследование построено на применении методов сравнительного анализа в разрезе отраслей и территорий; формализации, позволяющей наглядно представить данные об управлении процессами в виде схем и моделей; математических и статистических методов, лежащих в основе кластерного анализа. Применение изложенных методов направлено на достижение цели исследования и построение логико-информационной модели.

Исследование реализовано в три этапа.

1) Выявление специфики процессов нефтехимических «умных» производств, на управление которыми направлена интеллектуализация. Предусмотрено исследование основных процессов, применяемых в целях получения нефтехимического продукта.

2) Типология регионов России в зависимости от интенсивности перехода к «умному» производству. Заключается в применении метода кластеризации, в качестве наблюдений отобраны 79 регионов России. Кластерный анализ проводится в среде Statistica, методом k -средних. Оценка качества кластерного анализа осуществлена на основе критерия значимости p , который в случае качественной группировки объектов наблюдения должен по каждому признаку быть менее 0,05. Также возможно сопоставление межгрупповых и внутригрупповых дисперсий по каждому признаку. В случае превышения первых можно судить о качественном агрегировании объектов наблюдения по кластерам. Оценка евклидовых расстояний (геометрических расстояний между кластерами) позволяет судить о схожести между кластерами.

В нашем случае критериями кластеризации отобраны переменные:

x_1 – доля организаций j -го региона, использующих информационные технологии для управления автоматизированным производством и/или отдельными техническими средствами и технологическими процессами, %;

x_2 – доля организаций j -го региона, использующих информационные технологии для проектирования, %.

Базой данных послужила информация, опубликованная на сайте Федеральной службы государственной статистики [13].

3) Построение модели, отражающей информацию о последовательности этапов управления процессами промышленных предприятий на основе применения автоматизированных систем, цифровых технологий, а также потоков, связывающих этапы между собой.

ПРОЦЕССЫ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Нефтехимические производства характеризуются глубиной переработки углеводородных ресурсов. Применение того или иного процесса определяется типом производимого продукта [14]:

– получение этилена в результате пиролиза прямогонного бензина до этилена и его дальнейшей полимеризации;

– получение полипропилена в результате пиролиза прямогонного бензина до пропилена и его дальнейшей полимеризации;

– получение полистирола в результате алкилирования бензола, дегидрирования этилбензола, полимеризации стирола;

– получение бутилкаучуков в результате дегидрирования изобутана и дальнейшей сополимеризации изобутилена и др.

На рис. 2 отражена схема получения нефтехимического продукта с учетом последовательности основных химических процессов и сквоз-

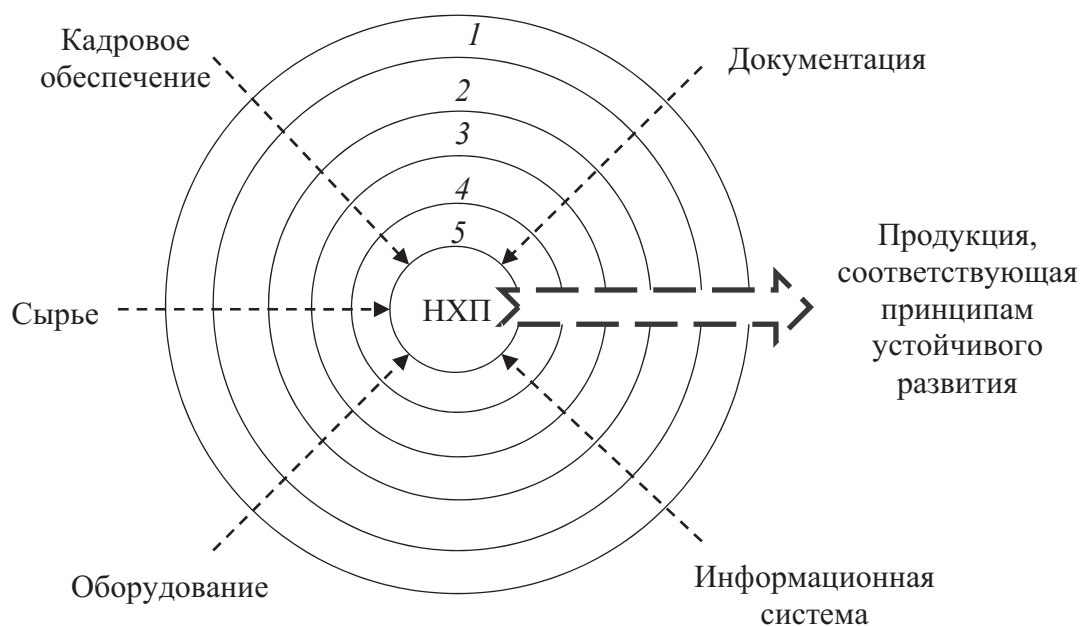


Рис. 2. Основные процессы «умных» нефтехимических производств:
 1 – оснащение оборудования датчиками, интеграция оборудования в систему «умного» производства; 2 – пиролиз; 3 – алкилирование; 4 – гидратация и дегидрирование; 5 – полимеризация и сополимеризация; НХП – нефтехимический продукт

ных управляющих воздействий и используемых ресурсов.

1) На входе нефтехимического производства – сырье, поставляемое нефтеперерабатывающими заводами, которое подлежит последовательному воздействию инфраструктуры и трансформации в конечный продукт.

2) Успех, качество, эффективность производства обусловлены квалификацией и опытом персонала, что ставит в приоритеты построения «умного» производства вопрос качественного кадрового обеспечения, способного продуктивно решать функциональные задачи в условиях «цифровых» производств и гибко реагировать на динамику технологического развития [6].

3) Реализация технологических процессов осуществляется в соответствии с технологическими картами, конструкторской документацией, инструкциями и другими регламентирующими документами.

4) Особо важное значение в условиях технологической модернизации имеет оборудование нефтехимических производств, оснащенное датчиками, контроллерами, интеллектуальными измерительными приборами, серверы автоматизированной системы управления технологическими процессами, автоматизированные рабочие места операторов и иное оборудование, необходимое для функционирования «умного» производства.

5) Ключевой элемент «умного» производства – информационная система, программное обеспечение, Big Data, PDM/PLM-системы,

MES-системы, MRP- и ERP-системы, в совокупности обеспечивающие обмен данными в режиме реального времени, управление качеством, мониторинг процессов, имитационное моделирование и другие возможности управления процессами «умного» производства [10, 11].

В нашем исследовании результатом функционирования «умного» производства является нефтехимический продукт, отвечающий требованиям политики для устойчивого развития, произведенный с оптимальным расходом ресурсов и минимальным отрицательным внешним эффектом.

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ПЕРЕХОДА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ К «УМНОМУ» ПРОИЗВОДСТВУ

Различие в темпах интеллектуализации производств наблюдается не только в отраслевом разрезе, но и в территориальном, что необходимо учитывать при построении логико-информационной модели управления процессами «умного» производства. В целях диагностического исследования региональной специфики уделено особое внимание таким процессам, как внедрение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в целях управления автоматизированным производством и проектирования. Эмпирической базой послужили статистические данные, опубликованные Росстатом [13]. Учтены предприятия всех отраслей региона, в частности нефтехимические. В целях

объективизации результатов из наблюдений исключены города федерального значения и Московская область, чьи показатели значительно отклоняются от показателей развития остальных регионов России.

В результате метод кластеризации k -средних позволил агрегировать 79 регионов по трем типам в зависимости от интенсивности перехода к «умному» производству: 1 – регионы с низкой интенсивностью перехода к «умному» производству (в среднем 9,73% организаций по каждому региону кластера реализуют автоматизацию производства и 6,33% применяют ИКТ в целях проектирования), 2 – со средней интенсивностью (14,96% и 10,99% организаций соответственно), 3 – с высокой интенсивностью (19,02% и 14,85% организаций соответственно). На рис. 3 представлено позиционирование выделенных кластеров с указанием средних значений переменных x_i , размер пузырьков отражает число регионов, вошедших в каждый из класте-

ров: в первый – 10, во второй – 49, в третий – 20. Республика Татарстан входит в категорию прогрессивных в части интеллектуализации производства регионов.

Оценка качества группировки наблюдений показала высокую степень принадлежности объектов анализа к выделенным кластерам, о чем свидетельствует высокий вклад признаков x_i в классификацию (параметр p значительно ниже 0,05), а межгрупповая дисперсия примерно вдвое превышает внутригрупповую (табл. 1).

Оценка евклидовых расстояний (табл. 2) свидетельствует о наименьшей схожести кластеров 1 и 3, о наибольшей схожести кластеров 2 и 3, что подтверждают позиции кластеров на рис. 3.

Таким образом, в результате кластерного анализа выявлена специфика интеллектуализации производств в территориальном разрезе. Доля прогрессивных с точки зрения активности перехода к «умному» производству регионов, вошедших в кластер 3, невелика – лишь 25% от

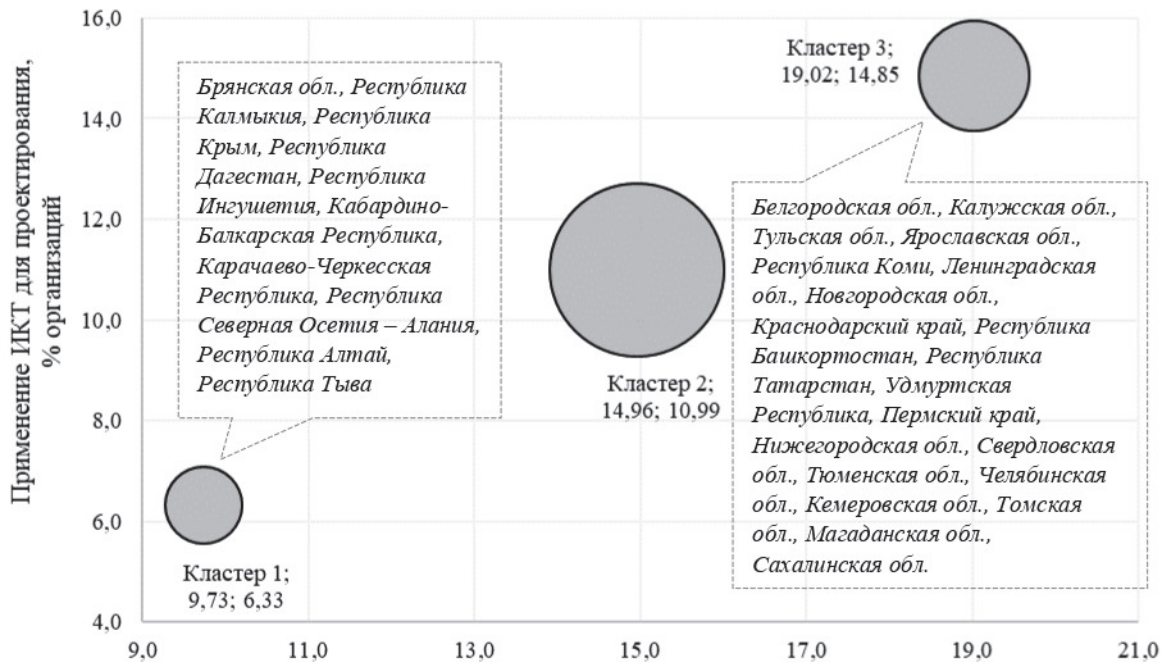


Рис. 3. Результат кластеризации регионов России в зависимости от интенсивности применения ИКТ в рамках перехода к «умному» производству (построено на основании данных Росстата [13])

Таблица 1. Дисперсионный анализ

Переменные	Межгрупповая дисперсия	Внутригрупповая дисперсия	F	Значимость p
x_1	592,6580	245,7714	91,63394	0,000000
x_2	503,2257	249,0877	76,77044	0,000000

Таблица 2. Евклидово расстояние между кластерами (под диагональю)

Кластеры	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
Кластер 1	0,000000	24,53854	79,44725
Кластер 2	4,953639	0,000000	15,68783
Кластер 3	8,913319	3,96079	0,000000

общего числа исследованных регионов. Наименьшая доля регионов – с низкой интенсивностью перехода к «умному» производству – приходится на кластер 1 (12%). Однако в целом ситуация в России характеризуется преимущественно средней активностью интеллектуализации производств, в том числе нефтехимических.

ПОСТРОЕНИЕ ЛОГИКО-ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ

Построение «умного» производства требует учета таких основных факторов, как оборудование, кадровое обеспечение, регламентирующая документация и информационная система и ее инструменты (рис. 2). На основе аналитического обзора представленных в научной литературе информационных систем выявлено, что требует уточнения схема управления непосредственно процессами интеллектуальных производств. В результате средствами Business Studio в нотации IDEF₀ предложена модель, охватывающая пять этапов управления (рис. 4).

1) Симуляция и моделирование процесса – на основе акта ввода «умного» производства в эксплуатацию, а также на основе массива данных о заказе клиента, плане производства, ресурсном обеспечении строится имитационная модель,

создается цифровой двойник или цифровой макет управляемого процесса. Реализация кадрового потенциала предполагает привлечение высококвалифицированного персонала, обладающего «цифровыми» компетенциями; применение цифровых технологий способствует строить модели (в том числе 3D-модели), позволяющие обучать оборудование промышленного предприятия функционированию в альтернативных ситуациях, в частности аварийных; интеграция автоматизированных систем типа CAD/CAE/CAM/PDM/PLM обеспечивает возможность проектирования производственных процессов, диагностирования моделей, управления оборудованием. Ожидаемый эффект сводится к снижению числа ошибок в управлении процессами, сокращению образования отходов производства и реализации, а также сокращению длительности производственного цикла, что способствует росту объемов производства и повышению эффективности эксплуатации оборудования и использования ресурсов.

2) Синхронизация потока данных о процессе с системой «умного» производства осуществляется посредством таких технических инструментов, как промышленные роботы (перемещают объекты по территории промышленного объекта и решения производственных задач),

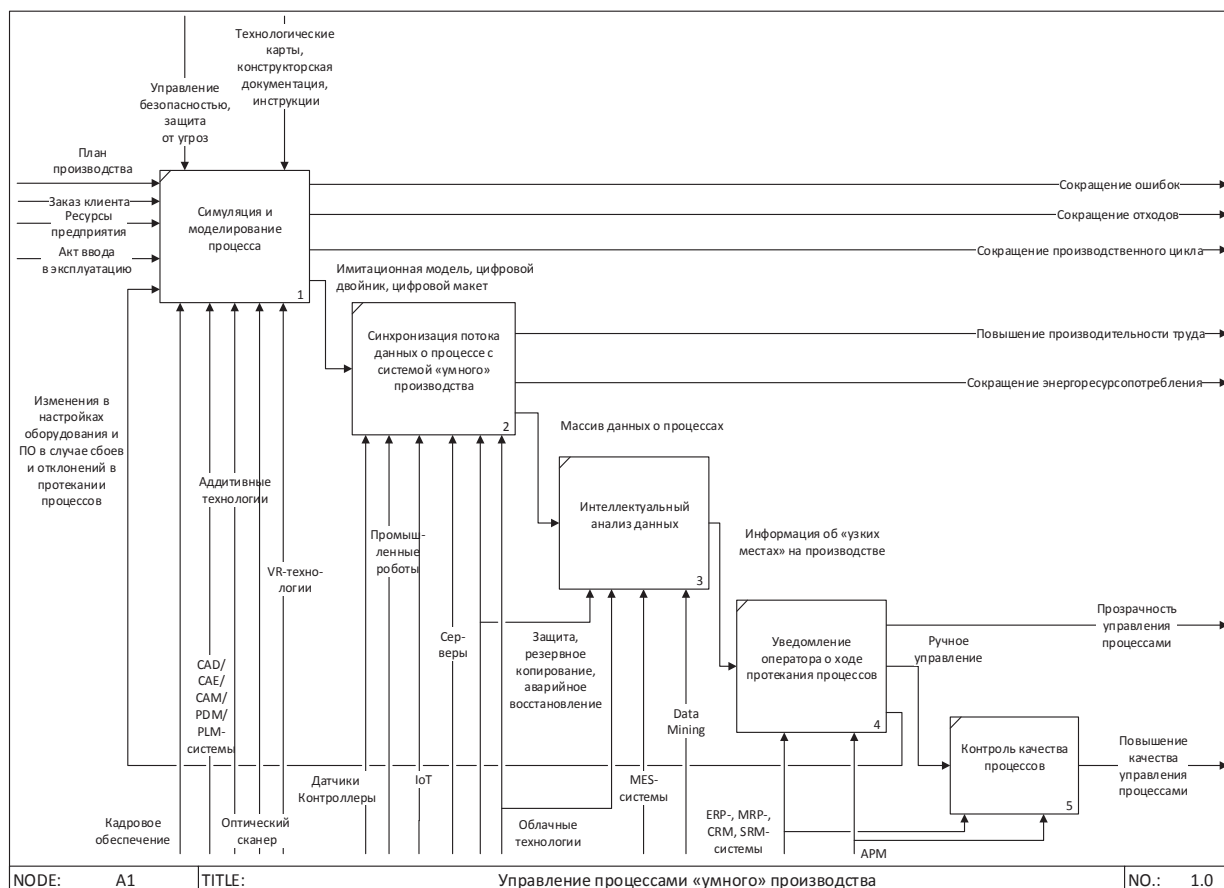


Рис. 4. Логико-информационная модель управления процессами «умного» производства (построено автором)

Интернет вещей (передача данных между элементами информационной среды промышленного предприятия), серверы (технологические, автоматизированных систем управления технологическим процессом и др.), интегрирующие массивы данных с различных устройств, приложения, обеспечивающие защиту данных предприятия, облачные технологии, предоставляющие сетевой доступ к данным о процессах в режиме реального времени, и т.д. Результат процесса синхронизации – структурированный массив данных о процессе. Потенциальным эффектом являются повышение производительности труда, рационализация потребления энергетических, материальных и иных ресурсов предприятия и др.

3) Интеллектуальный анализ данных, осуществляемый посредством облачных технологий, MES-систем, технологии Data Mining для обработки больших массивов данных, позволяет выявить «узкие места» в производстве и процессах «умного» производства.

4) В рамках мониторинга процессов данные об «узких местах» на производстве и в целом о работе оборудования и автоматизированных систем поступают к автоматизированному рабочему месту (АРМ) оператора, что обеспечивает прозрачность управления процессами «умного» производства. В случае выявления неисправностей, ошибок, риска аварийных ситуаций и других отклонений вносятся изменения в функционировании построенного «умного» производства.

5) На основе ручного управления оператор вносит необходимые коррективы в управление процессом и способствует повышению качества процессов.

В результате предложенная модель формализует основные этапы управления, реализация которых основана на гармонизации информационного пространства, производственных активов и кадрового обеспечения; применима к любым промышленным предприятиям, в том числе нефтехимическим. Сквозная цифровая поддержка всех этапов способствует агрегированию моделей, прототипов, измерений, наблюдений в единой сетевой структуре и служит фундаментом для обеспечения устойчивого развития промышленных предприятий, повышения качества процессов, а также реализуемых товаров и услуг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, «умное» производство обеспечивает ряд преимуществ в части безопасности процессов, надежности, повышения производственной эффективности, энергоресурсоэффективности и смягчения негативной

нагрузки на окружающую среду. Исследованию различных аспектов «умного» производства на нефтехимических производствах, моделирования систем управления, уделяется особое внимание в силу специфики физико-химических процессов. В связи с этим в статье получены следующие результаты:

1) описана общая схема «умного» производства, учитывающая, с одной стороны, процессы получения нефтехимического продукта, с другой стороны, управляющие воздействия, механизмы и необходимые ресурсы, и отвечающая принципам устойчивого развития;

2) выявлена типология регионов России в зависимости от уровня интеллектуализации производств по признакам активности организаций с точки зрения использования информационно-коммуникационных технологий в целях автоматизации процессов и проектирования: регионы с низкой интенсивностью перехода к «умному» производству (10 регионов), со средней (49) и высокой интенсивностью интеллектуализации производств (20), то есть ситуация в России характеризуется преимущественно средней активностью интеллектуализации производств;

3) построена логико-информационная модель управления процессами «умного» производства, охватывающая этапы интеграции и эксплуатации цифровых технологий, производственных активов промышленных предприятий и кадрового обеспечения; формализованная модель позволяет сформировать системное видение управленческого механизма, отражает суть интеллектуализации производств и совокупность цифровых инструментов, применяемых на разных этапах управления.

Полученные результаты могут иметь практическую ценность для промышленных предприятий, ориентированных на устойчивое развитие с учетом внедрения цифровых технологий и интеллектуализации производств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коряжкин А.А., Орлов А.А., Пичужкин С.А.* Тенденции развития электрохимической и механической обработки лопаток компрессора в рамках реализации «умного» производства // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. 2018. № 4 (47). С. 90-96.
2. *Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Мартинова Л.И.* Интеграция данных систем логического управления в «умное» производство на основе концепции Industry 4.0 // Автоматизация в промышленности. 2018. № 5. С. 11-15.
3. *Каляев И.А., Капустян С.Г.* Метод мультиагентного управления «умным» интернет-производством // Робототехника и техническая кибернетика. 2018. № 1 (18). С. 34-48.

4. Тетерин М.А., Чистякова Т.Б., Полосин А.Н. Интеллектуальная система для управления качеством в производстве полимерных пленок в нештатных ситуациях // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2020. № 53. С. 65-79.
5. Сучков М.А., Галимулина Ф.Ф. Принципы управления криптоданными в рамках инновационного развития информационной среды предприятия // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 5 (107). С. 152-154.
6. Лунев Н.А., Мингалеев Г.Ф., Трутнев В.В. Организация цифрового производства на базе программно-аппаратного комплекса планирования и мониторинга производственных процессов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2017. Т. 73. № 3. С. 76-81.
7. Барсегян Н.В. Разработка стратегии развития организационных структур управления предприятий нефтехимической промышленности: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Курск, 2020. 24 с.
8. Лясников Н.В., Широковских С.А. Цифровые кадры для «умных» предприятий «зеленой экономики»: особенности подготовки и управления // Экономика и социум: современные модели развития. 2020. Т. 10. № 1 (27). С. 9-20.
9. Мошев Е.Р., Мешалкин В.П. Автоматизированная система логистического обеспечения технического обслуживания оборудования химических производств // Теоретические основы химической технологии. 2014. Т. 48. № 6. С. 709.
10. Построение «умного» производства на базе аддитивных технологий / В.А. Барвинок, В.Г. Смелов, В.В. Кокарева, А.Н. Малыхин // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2014. № 4. С. 142-149.
11. Малышева Т.В. Использование информационных систем в управлении экологической устойчивостью нефтехимических производств // Управление устойчивым развитием. 2019. № 6 (25). С. 27-31.
12. Туракова С.С. Информационно-коммуникационные технологии развития «умных» производств // Экономика промышленности. 2019. №1 (85). С. 101-122.
13. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru> (дата обращения: 23.03.2021).
14. Костин А.А. Популярная нефтехимия. Увлекательный мир химических процессов / А.А. Костин. М.: Ломоносовъ, 2013. 176 с.

LOGICAL AND INFORMATION MODEL OF MANAGEMENT OF PROCESSES OF «SMART» PRODUCTION

© 2021 R.K. Nurgaliev, A.I. Shinkevich

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

The article presents a study of the specifics of «smart» production, the positive effect of which is certainly recognized by industrial enterprises. This means increasing production efficiency, ensuring the reliability, stability and safety of technological systems, and reducing the burden on the environment. In the context of the digital transformation of the industry, new opportunities are opening up to achieve this effect. In this regard, it is important to model the processes of «smart» production, the decomposition of the control system of mechanisms and tools. The purpose of the study is to build a logical and information model that reflects the specifics of managing the processes of «smart» production. The research methods used are comparative analysis (in the context of industries and territories); formalization, which clearly presents information about the management of «smart» production processes in the form of schemes and models; mathematical and statistical methods that underlie cluster analysis. As a result of the study, the following results were obtained: the general scheme of «smart» production was formalized, taking into account the processes of obtaining a petrochemical product, control actions, mechanisms and necessary resources, taking into account the guidelines for sustainable development; the typology of Russian regions, depending on the level of intellectualization of production, was identified according to the signs of the activity of organizations in terms of the use of information and communication technologies for the automation of processes and design: regions with low, medium and high activity of intellectualization of production; A logical and information model of managing the processes of «smart» production is proposed, covering the stages of integration and operation of digital technologies, production assets of industrial enterprises and personnel support, which differs in the object of modeling and systematically describes the functioning of intelligent production. The practical significance of the results is due to the possibility of competent process management in the context of the implementation of digital solutions and the sustainable development of industry.

Keywords: processes, «smart» production, petrochemical production, clustering, logical and information model, IDEF₀.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-2-29-36

Rustam Nurgaliev, Candidate of Engineering, Associate Professor, Head of the Department of «Automation and Process Control Systems». E-mail: Nurgaliev@yandex.ru
Alexey Shinkevich, Doctor of Economics, Professor, Head of the Logistics and Management Department.
E-mail: ashinkevich@mail.ru