

Разработка концепции SMART-предприятия как инновационной тенденции в цифровизации легкой промышленности

Development of the concept of a SMART enterprise as an innovative trend in the digitalization of light industry

УДК 338

Получено: 14.01.2021

Одобрено: 01.02.2021

Опубликовано: 25.02.2021

Морозов Р.В.

Канд. экон. наук, доцент кафедры управления Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина
e-mail: rfrost@yandex.ru

Morozov R.V.

Associate Professor, Department of Management, Russian State University named after A.N. Kosygin
e-mail: rfrost@yandex.ru

Белясов И.С.

Соискатель кафедры управления Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина
e-mail: rfrost@yandex.ru

Belasov I.S.

Applicant of the chair of management, Russian state University named after A.N. Kosygin
e-mail: rfrost@yandex.ru

Аннотация

На основе возможностей и преимуществ концепции смарт-предприятия осуществлен анализ и разработан комплекс теоретических, научно-методических и практических рекомендаций по цифровизации легкой промышленности России на основе внедрения указанной концепции. Доказано, что использование смарт-предприятий в отечественной легкой промышленности позволит сформировать цифровую платформу для улучшения координации и повышения активности участия всех заинтересованных сторон, как в отдельных цепочках, так и в широких сетях создания дополнительной стоимости.

Ключевые слова: разработка концепции, SMART-предприятия, инновационные тенденции, цифровизация легкой промышленности.

Abstract

Based on the capabilities and advantages of the concept of a smart enterprise, an analysis was carried out and a set of theoretical, scientific, methodological and practical recommendations for the digitalization of the light industry in Russia was developed on the basis of the implementation of this concept. It has been proven that the use of smart enterprises in the domestic light industry will create a digital platform to improve coordination and increase the participation of all stakeholders both in individual chains and in wide networks of value creation.

Keywords: Concept development, SMART enterprises, innovative trends, digitalization of light industry.

Введение

Начало XXI века в мировом масштабе определяется активным переходом многих стран к новому качеству экономического роста на основе новейших технологий и так называемой 4-й промышленной революции, благодаря широкому развитию инновационно-информационной экономики [27] и признанию инноваций в качестве основного источника социально-экономических сдвигов. В таких условиях радикально трансформируются организационно-управленческие аспекты функционирования предприятий путем развития и внедрения в их деятельность «SMART» парадигмы, которая прошла путь становления, начиная от расширения понимания концепции управления целями П. Друкера [4], применения аббревиатуры для определения задач в управлении [2] до подходов цифровой трансформации компаний с применением цифровых технологий, позволяющих внедрять новые способы коммуникации и взаимодействия с людьми и оборудованием.

SMART парадигма [14, 15] содержит принципы: самоналадки, самоадаптации, самостоятельной конфигурации, самоконтроля, самовосстановления, независимого функционирования, которые выступают источником самоорганизации, процессов нового качества [25], стимулом для развития структур и систем, в свою очередь требующих «умных организаций», способных поддерживать развитие технологий электронной коммерции и цифрового бизнеса с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и сетей, необходимых для динамического реагирования на меняющийся ландшафт экономики.

Соответственно в рамках существования «SMART» парадигмы в практике хозяйствования появляются и постепенно распространяются так называемые смарт-предприятия, обладающие существенным потенциалом развития в условиях информационной экономики. Понятие «смарт-предприятия» является малоизученным в современной экономической науке, однако некоторые подходы к его трактовке уже сформировались (табл. 1).

Таблица 1

Подходы к толкованию понятия «смарт-предприятие»

№	Автор	Определение
1	J. A. George, J. A. Rodger [13]	Гибкое киберфизическое производство, обеспечивающее точную ориентацию на потребителя и основанное на использовании больших данных
2	Дасив А.Ф., Мадых А.А., Охтенъ А.А. [21]	Производственная система, которая, будучи осведомленной о контексте, помогает сотрудникам и оборудованию в выполнении своих задач; предприятие, способное справляться с турбулентностью производственного процесса в режиме реального времени с помощью использования децентрализованной информационно-коммуникационной структуры для управления
3	S. V. Zykov [11]	Роботизированная система производства
4	Мезина Т.В. [22]	Предприятие, основанное на межмашинных взаимоотношениях, которые предусматривают обмен данными между участниками производственного процесса, что позволяет создавать единичный продукт по цене массового (умный завод)
5	Chavarría-Barrientos, Dante [3]	Максимально интенсивное и всеобъемлющее использование сетевых информационных технологий, киберфизических систем на всех этапах производства продукции и ее поставки
6	Martin Zelm, Frank Walter Jaekel, Guy Doumeingts [5]	Инновационное гибкое промышленное производство, основными признаками которого являются: 1) модульность (в противоположность текущему единому неделимому производству); 2) распределенность или децентрализованная самоорганизация (в противоположность сегодняшней жесткой иерархической структуре производства); 3) беспроводная система коммуникации между всем, что задействовано и используется в производстве, в том числе между работниками.

Как показывает анализ табл. 1, существующие определения «смарт-предприятия» базируются на сущности гибкого модульно-структурированного интеллектуального производства [23] с использованием киберфизических систем мониторинга технологических процессов, но при этом ключевые черты и отличительные характеристики смарт-промышленности отражают фрагментарно и не всегда систематизированно. В данном контексте представляется целесообразным предложить уточненное, авторское определение термина «смарт-предприятие», под которым следует рассматривать первичное звено смарт-индустрии, представляющее собой киберфизическую производственную систему, которая с помощью промышленного интернета вещей отслеживает, моделирует, оптимизирует и контролирует функционирование средств производства и производственного персонала, обеспечивая, благодаря использованию современных информационно-коммуникационных технологий, усовершенствование технологических процессов, улучшение качества продукции и повышение производительности труда.

Для отечественного производственного сектора в целом, а также для легкой промышленности в частности, как «SMART» парадигма, так и смарт-предприятие приобретают особую значимость на пути цифровизации экономики [19], особенно, учитывая тот факт, что традиционная индустрия в России пока находится в кризисном состоянии, а новая «умная» промышленность еще не получила должного внимания со стороны государства [26]. К тому же, следует обратить внимание на тот факт, что только 19% российских предприятий в легкой промышленности используют инновации (а точнее демонстрируют показатели инновационной активности), в то время, как в странах ЕС этот показатель составляет 52%, кроме того, один работник, задействованный в выпуске продукции легкой промышленности в России, формирует добавленную стоимость менее \$ 7 тыс., а в ЕС – более \$ 26,5 тыс., при этом производительность труда в отрасли на одного занятого составляет около \$ 10 тыс., а в ЕС более \$ 75,8 тыс. [8].

Итак, с учетом вышеизложенного, отметим, что направления развития легкой промышленности России, в соответствии с принципами «смарт», определяются:

- во-первых, ее современным состоянием, которое зависит от траектории прошлого развития (концепция «*path dependence*»);
- во-вторых, ее готовностью перейти к разумному цифровому будущему и смарт-предприятиям.

Что касается траектории прошлого развития промышленности, которая привела к ее сегодняшнему состоянию, ситуация понятна и очевидна, она уже неоднократно анализировалась отечественными специалистами. С другой стороны, рассматривая цифровое будущее, по мнению авторов, следует воспользоваться исследованиями *McKinsey Global Institute (MGI)*, в которых представлена подробная методика, позволяющая выявить степень, в которой отдельные сектора экономики могут быть автоматизированы. Суть этой методики заключается в том, что все хозяйственные операции разделяются на семь категорий. Затем определяются относительные пропорции этих операций в каждом промышленном секторе. Наиболее вероятными кандидатами, пригодными для широкого использования средств автоматизации, считаются те отрасли, в которых высокий удельный вес в производственной деятельности занимают физические операции, выполняемые в хорошо структурированной среде [24] (т.е. операции, которые в значительной степени регламентированы, например, обработка данных, составление многокомпонентных изделий и т.д.) [16].

С использованием этой методики были определены сектора промышленности России с большими и меньшими потенциалами автоматизации, создающие основу для внедрения смарт-предприятия (см. табл. 2).

Потенциал организации smart-предприятий по отраслям промышленности России на основе существующих технологий и в зависимости от типа операционной деятельности, %

Вид экономической деятельности	Потенциал автоматизации по типу деятельности						Потенциал автоматизации в целом	Доля сектора в общей занятости в России (2018 г.)
	физическая	управление	экспертиза	взаимодействие	сбор данных	обработка данных		
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	80-90 / 40-50	5-10	30-40	30-40	80-90	70-80	57	17,6
Промышленность, в целом	70-90 / 30-40	5-20	10-30	10-30	70-80	60-70	56	15,3
в том числе:								
легкая промышленность	80-90/30-40	5-10	10-20	10-20	70-80	60-70	60	13,0
Строительство	80-90 / 30-40	10-20	10-20	20-30	70-80	70-80	47	4,0
Оптовая торговля	70-80 / 30-40	5-10	20-30	10-20	70-80	60-70	44	21,6
Розничная торговля	80-90 / 30-40	5-10	40-50	5-10	70-80	70-80	53	
Транспорт, складское хозяйство, почта	60-70 / 30-40	30-40	30-40	30-40	70-80	80-90	60	6,1
Временное размещение и организация питания	90-100/5-10	20-30	30-40	40-50	70-80	80-90	73	1,7
Телекоммуникации	80-90 / 30-40	5-10	10-20	10-20	60-70	50-60	36	1,7

Как свидетельствуют приведенные в табл. 2 данные, легкая промышленность принадлежит к тем отраслям производства, которые имеют высокий потенциал автоматизации, позволяющий осуществить дальнейший переход к широкомасштабному использованию концепции smart-предприятий.

В данном контексте представляется, что внедрение концепции smart-предприятий в деятельность легкой промышленности предусматривает привлечение широкого круга стейкхолдеров как для определения приоритетов, так и для разработки мероприятий по их реализации. Согласно европейскому опыту, такими стейкхолдерами в около 60% регионов стали представители предпринимательского сектора и науки, а также независимые эксперты. Несколько реже привлекаются представители других органов власти и групп стейкхолдеров, объединенных определенными интересами [20].

Таким образом, учитывая состояние экономического развития России на сегодняшний день, а также принимая во внимание возможности и перспективы smart-парадигмы, в табл. 3 приведены инициативы smart-предприятия, наиболее релевантные текущей ситуации в легкой промышленности страны и важные для ее движения в направлении внедрения «Индустрии 4.0».

Инициативы smart-предприятия, необходимые и целесообразные для цифровизации легкой промышленности России

№	Инициатива	Содержание инициативы, общая характеристика и возможные результаты реализации
1	Таргетинг или анализ и исследование производственных секторов легкой промышленности с высокой добавленной стоимостью относительно оценки конкурентоспособности и перспектив роста	До сегодняшнего дня в России не проводился основательный анализ, базирующийся на точных и актуальных данных с целью выявления конкурентоспособности и потенциала как отрасли в целом, так и ее отдельных нишевых производств – ни в оценке R&D возможностей, ни в инжиниринге. Считаем, что ключевым решением в данном контексте должно стать проведение исследований производственных сегментов отрасли с целью оценки главных факторов ее конкурентоспособности – качества человеческого потенциала, технологического уровня производства, экспортного потенциала, перспектив роста и т.п. Это предполагает выбор исследовательских агентств, получение соответствующих инсайтов, определение драйверов роста, организацию коммуникации и т.д. Результатом исследований должно стать получение достоверной информации для дальнейшего планирования и снижения рисков потенциальных инвесторов, вкладывающих средства в smart-предприятия
2	«ИТ-фикация» или программа просвещения и трансфера лучших практик ИКТ-сектора в легкую промышленность	Ключевым решением является проведение масштабных, но фокусных просветительских инициатив по интеграции лучших ИКТ-практик на предприятия легкой промышленности с привлечением профильных ассоциаций, вендоров, международных брендов и т.д. Необходимо сформировать фокусные группы экспертов – носителей знаний и промоутеров, а затем обеспечить их взаимодействие с секторами легкой промышленности. Результатом должно стать создание «промышленных ИКТ-реакторов», т.е. общих компетентных групп – представителей ИКТ и легкой промышленности, ориентированных на сотрудничество и разработку новых продуктов и услуг. Такой подход позволит ИКТ проникнуть в промышленный сектор, что повлечет за собой появление новых разработок, R&D, инноваций
3	Инжиниринговые кластеры	В России отсутствует эффективная инфраструктура и соответствующие стимулы для появления мощных разработчиков в промышленном инжиниринге. Их качество и количество может кардинально повлиять на промышленные инновации, R&D, экспортный маркетинг. Деятельность компаний по промышленному инжинирингу направлена именно на поиск и разработку новых продуктов в легкой промышленности, генерацию идей, промышленный дизайн, создание прототипов и т.д. Поиск релевантной стратегии по данной проблеме,

№	Инициатива	Содержание инициативы, общая характеристика и возможные результаты реализации
		стимулирование появления и роста этого важного сегмента, прежде всего, для таких секторов, как текстильная, швейная и обувная – позволит быстро создать и развить индустрию промышленного инжиниринга
4	Создание отраслевых дорожных карт «цифровой» трансформации	Согласно модели цифровой трансформации (DX) большинство промышленников, в том числе в странах-лидерах – это лишь «начинающие». В России пока нет глубоких наработок в этой сфере, которые могли бы ускорить движение промышленников в направлении DX. Ключевым решением является создание дорожных карт цифровой трансформации легкой промышленности по выбранным предприятиям и секторам отрасли. Такие карты – это план действий и инициатив по «цифровизации», а для многих предприятий – план реанимации и возвращения в экономическую среду. Результатом является не только формальное наличие карты цифровой трансформации отрасли или определенного сектора, а скорее осознание собственниками и руководителями влияния «цифровизации» на конкурентоспособность, появление новых разработок и новое качество инвестиционной деятельности.

Исследования McKinsey's доказали, что возможности внедрения концепции smart-предприятия в промышленность зависят от конкретных категорий окружения (англ. *settings*), используемых при практической реализации конкретных направлений этой концепции. Категория «окружение» – это физическая среда, в которой системы и составляющие концепции разворачиваются (например, фабрики, производственные площадки, офисы и др.) [12].

Это является новым аналитическим подходом, использование которого направлено на определение взаимной совместимости между системами цифровой экономики, SMART-парадигмы, интернета вещей. Как обозначено специалистами MGI, в целом, совместимость необходима для создания до 40% потенциальных выгод, которые может генерировать цифровизация в различных условиях. При этом обеспечение согласованного взаимодействия определенных smart-технологий – это очень сложная задача, которая требует координации на многих уровнях [1].

С позиций применения концепции smart-предприятия на пути цифровизации легкой промышленности России, и с точки зрения ее практического внедрения, по мнению авторов, наибольший интерес представляют такие категории окружения, как «фабрики» и «производственные площадки».

Категорию «фабрики» (англ. *factories*) в специализированной научной и экспертной литературе определяют, как специализированные, стандартизированные производственные среды [10]. Она включает средства для дискретного или процессного (технологического) производства, а также центры обработки данных. Действительно, стандартизированные процессы во всех этих категориях предоставляют возможность применить те же типы улучшений, которые свойственны технико-технологическому развитию производственных объектов легкой промышленности.

«Смарт-фабрики» апеллируют к таким технологиям, как «облачные» вычисления, беспроводные коммуникации, дистанционное управление и обслуживание, кибербезопасность, интеграция систем управления, сотрудничество в цепочках создания добавленной стоимости,

3D-печать [7]. При этом наибольший потенциал имеет оптимизация операций (англ. *operations optimization*), которая позволяет сделать разнообразные производственные процессы более эффективными за счет использования датчиков (а не решений, основанных на субъективных суждениях персонала, которые зачастую не лишены ошибок) для регулирования производительности машин, а также «больших данных», генерируемых производственным оборудованием с целью проведения точной настройки рабочих процессов [21].

После оптимизации операций лучшим способом использования смарт-концепции в фабричных условиях является прогнозное обслуживание оборудования (англ. *predictive maintenance*) и оптимизация запасов (англ. *inventory optimization*). Интеллектуальная поддержка в этой сфере предусматривает использование датчиков для постоянного мониторинга состояния оборудования во избежание поломок и определения точного времени, необходимого для технического обслуживания. Указанные технологии позволяют также улучшить управление запасами путем автоматического восстановления резерва запчастей на основе данных, записанных датчиками [3].

Реализация этого высокого потенциала повышения эффективности производственных процессов зависит от технологических особенностей отдельных производств легкой промышленности (возможностей широкого использования интернета вещей в специализированных стандартизированных производственных процессах и продуктах), а также от достигнутого в них инновационного уровня (способности внедрять новые технологические процессы и продукты) [28].

При этом целесообразно подчеркнуть, что лучшие перспективы для отдельных производств легкой промышленности на пути внедрения смарт-фабрик открываются, во-первых, когда они действуют в комплексах, объединяющих на одной территории конгруэнтные виды деятельности; во-вторых, учитывая трудности масштабного перехода на цифровые принципы работы, при их освоении и внедрении целесообразно в большей степени ориентироваться на меньшие по масштабам, но более продвинутые промышленные линейки, которым, как показывает опыт некоторых стран [6], проще локализовать передовые технологии и заниматься инновациями.

С учетом вышеизложенного авторами разработана структурная схема смарт-фабрики на базе промышленного интернета вещей в легкой промышленности России, которая приведена на рис. 1.

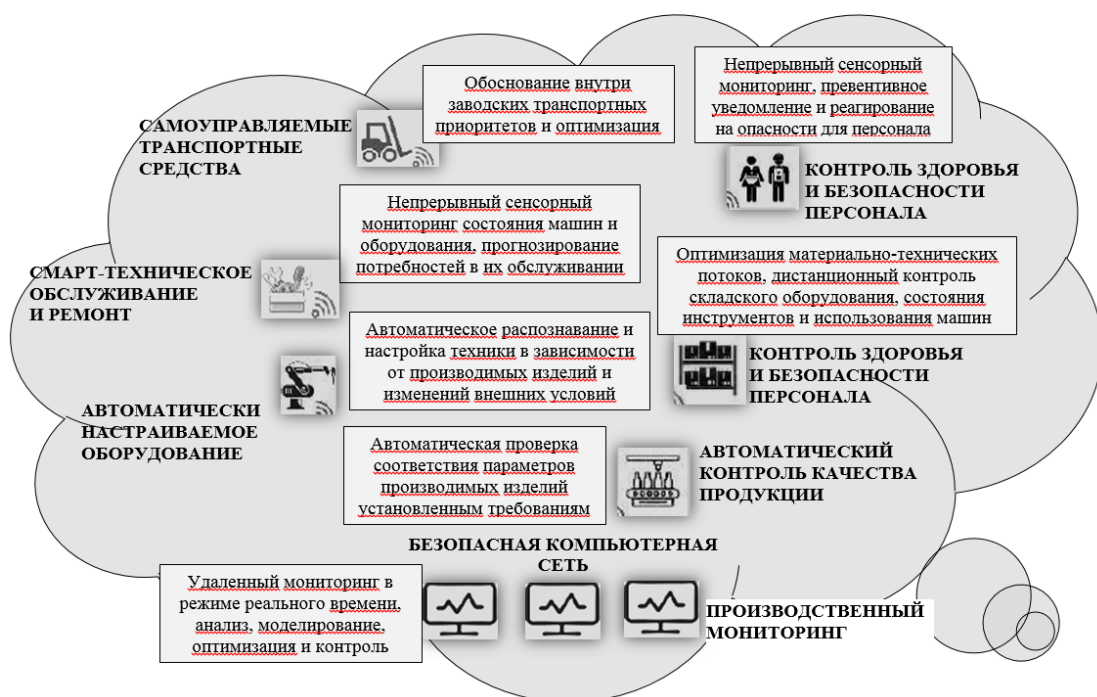


Рис. 1. Структурная схема смарт-фабрики на базе промышленного интернета вещей в легкой промышленности России

Как показано на рис. 1, основными отличительными признаками концепции смарт-фабрики в легкой промышленности являются:

- 1) модульность (в противоположность единому неделимому производству);
- 2) распределенность или децентрализованная самоорганизация (в противовес сегодняшней жесткой иерархической структуре производства);
- 3) беспроводная система коммуникации между всем, что задействовано и используется в производстве (сырье, детали, оборудование и т.д.), в том числе и работниками.

Кроме того, слаженное взаимодействие между большим количеством отдельных «умных» компонент производства позволит выработать решения, которые сейчас невозможны при обычной автоматизации производства.

Категория окружения «производственные площадки» (англ. *worksites*) определяется как специальные производственные среды, работа на которых выполняется непосредственно при изготовлении продукции. При этом каждая из них создает уникальные возможности в управлении машинами, в процессе производства, отгрузки готовой продукции и т.д. [18]. Смарт-технологии решают многие вопросы, которые сегодня снижают производительность производственных площадок в легкой промышленности, ведь их успехи часто зависят от эффективности использования дорогого и сложного оборудования.

В докладе MGI сделан прогноз, что реализация смарт-предприятия на производственных площадках только в США может принести экономический эффект в размере 160 млрд долл. в год к 2025 г. [9]. Эта выгода сложится из экономии операционных затрат, повышения производительности труда, увеличения нагрузки на оборудование и новых возможностей получения доходов. При этом отмечено, что наиболее значительное влияние может быть достигнуто за счет улучшения операционной эффективности.

Опираясь на данные MGI, в табл. 4 приведены формализованные автором цели создания специальных производственных площадок на пути внедрения концепции смарт-предприятия в легкой промышленности.

Таблица 4

Цели создания специальных производственных площадок в легкой промышленности

Производительность	Преимущество новых технологий	Энергосбережение
Улучшение скорости работы	Сокращение времени ожидания оборудования, короткое время такта, большая производительность оборудования, сокращение времени выполнения	Сокращение потребления энергии
Улучшение производственной эффективности	Сокращение времени производства, оптимальное энергоснабжение на основе систематических операций	Улучшение эффективности энергопотребления
Снижение стоимости продукции	Внедрение высокоэффективного оборудования, более эффективное управление энергопотреблением	Продвижение энергосберегающих технологий
Снижение потери качества	Сокращение частоты возникновения неисправностей и потери времени, устранение расточительства и отклонений	Минимизация потерь энергии

На рис. 2 представлена схема смарт-предприятия легкой промышленности, которое представляет собой систему взаимодействия реальных предметов и их цифровых аналогов на производственных площадках.

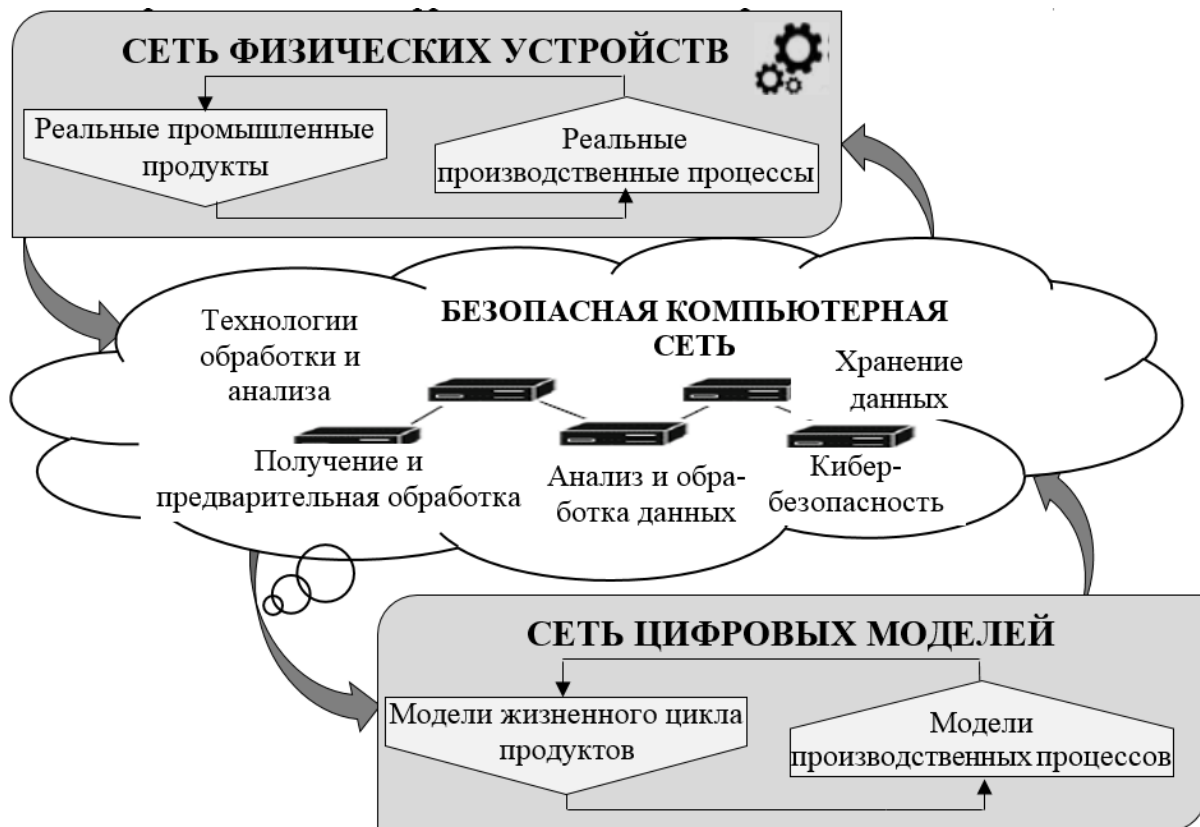


Рис. 2. Смарт-предприятие как взаимодействие реальных предметов и их цифровых аналогов на производственных площадках

Как наглядно свидетельствуют приведенные выше данные, производственная площадка в пределах смарт-предприятия – это не обязательно привычное для традиционного представления «основное звено производства» со значительными техническими мощностями, основными фондами, персоналом, складами сырья и полуфабрикатов, которое направляет свою деятельность на массовое производство. Сегодня производственная площадка может рассматриваться с точки зрения взаимодействия аппаратных средств, первичных данных, программного обеспечения, искусственного и человеческого интеллектов. Данные, полученные с помощью датчиков, лог-файлов и поисковых роботов от физических устройств и компьютерных сетей, собираются, передаются, предварительно обрабатываются, хранятся, визуализируются, анализируются и используются высококвалифицированным персоналом для моделирования и дальнейшего совершенствования промышленных продуктов и производственных процессов.

Главная идея, которая стоит за всеми этими сетевыми взаимодействиями, заключается в том, что обработка и анализ детальных данных, получаемых с помощью информационно-коммуникационных технологий в режиме реального времени о состоянии любого процесса или продукта – от заказа и до потребления готовой продукции – позволяют обеспечить гибкость производства в ответ на изменения и вызовы внешней среды [17].

Таким образом, к основным преимуществам комбинирования «фабрик» и «производственных площадок» в рамках смарт-предприятия в легкой промышленности следует отнести:

- 1) возможность массового производства продукции с индивидуальными характеристиками;
- 2) большая скорость и гибкость всех производственных и логистических процессов;
- 3) повышение безопасности в опасных производственных условиях;
- 4) повышение качества произведенных товаров и услуг.

С учетом вышеизложенного, считаем, что перспективными сферами для

использования концепции смарт-предприятия в легкой промышленности являются сферы широкого применения, специализированных стандартизированных производственных процессов и продуктов, а также производственные среды, которые характеризуются высокой сложностью и вариабельностью технологических процессов, а, следовательно, имеют хорошие возможности эффективного использования цифровых технологий для их совершенствования.

Обобщая результаты проведенного исследования, на рис. 3 приведена разработанная концепция цифровизации легкой промышленности России, основу которой составляет смарт-предприятие.



Рис. 3. Концепция цифровизации легкой промышленности России на основе смарт-предприятия

С точки зрения внедрения концепции смарт-предприятия в легкой промышленности значительный интерес представляет вопрос оценки соответствия предприятий индустрии критериям смарт-индустриализации.

В научной и экспертной литературе для проведения подобной оценки предлагается использовать отношение (k_{JK}) стоимости (J) компьютерного программного обеспечения (КПО) и баз данных (БД) к стоимости (K) машин и оборудования (в сопоставимых ценах), которое вполне адекватно отражает использование современных цифровых технологий в производстве.

Такой подход имеет ряд преимуществ:

1) если учесть, что стоимость КПО и БД коррелирует со сложностью и разнообразием решаемых задач, то данный показатель в динамике отражает рост сложности выполняемых функций на единицу используемого оборудования, в частности, например, интеллектуализация эксплуатируемых машин;

2) устраняются проблемы, связанные с применением производственных функций. Предложенное соотношение сопоставимо для различных экономик и производств, которые можно сравнить в динамике, также его можно использовать на микроуровне для оценки смартизации отдельных предприятий;

3) показатель является надежным и достоверным, он прост в исчислении и не требует громоздких расчетов;

4) если допустить, что уровень роста цен (учитывая инфляционные процессы) на машины и оборудование примерно совпадает с ростом цен на КПО и БД, то для вычисления k_{JK} можно использовать факторы в текущих ценах, а не обязательно сопоставимых.

При этом следует отметить существенный недостаток данного подхода, который заключается в том, что отношение (k_{JK}) никак не характеризует производительность экономики, ее капиталоемкость и капиталотдачу. Он отражает уровень смартизации капитала (или «смартвооруженность» капитала), но не конкретного производства / экономики. Если в хозяйственной системе (неважно, микро- или макроуровня) влияние фактора производства – «машины и оборудование» на добавленную стоимость является минимальным и преимущественно используется ручной труд, то каковы бы ни были высокие показатели k_{JK} , говорить о современной смарт-экономике в таком случае сложно.

Таким образом, чтобы нивелировать проблему связи показателя смартизации капитала k_{JK} с уровнем смартизации производства / экономики, по мнению автора, необходимо учитывать влияние самого фактора капитала на добавленную стоимость, т.е. капиталоемкость. В тех производствах, где капиталоемкость высокая, уровень смартизации капитала k_{JK} в той или иной степени будет отражать и смартизацию производства. Там же, где капиталоемкость невысокая – однозначных выводов по величине k_{JK} сделать нельзя. Показатель k_{JK} , взвешенный на капиталоемкость производства, представляет долю расходов на КПО и БД в добавленной стоимости (k_{JY}), или «смартоемкость».

$$k_{JY} = k_{JK} \times K/Y = J/K \times K/Y = J/Y,$$

где Y – добавленная стоимость.

Однако показатель «смартоемкости» производства k_{JY} тоже нельзя изолированно использовать для оценки соответствия предприятий критериям смарт-индустриализации, поскольку множитель капиталоемкости, который увеличивает этот показатель, может также свидетельствовать о неэффективности производства (в этом случае показатель уровня смартизации капитала k_{JK} будет более информативным). Для устранения этих противоречий можно отказаться от идеи вывода единого показателя уровня смартизации производства, а пользоваться одновременно обоими, отражая положение производства точкой на плоскости (см. рис. 4).

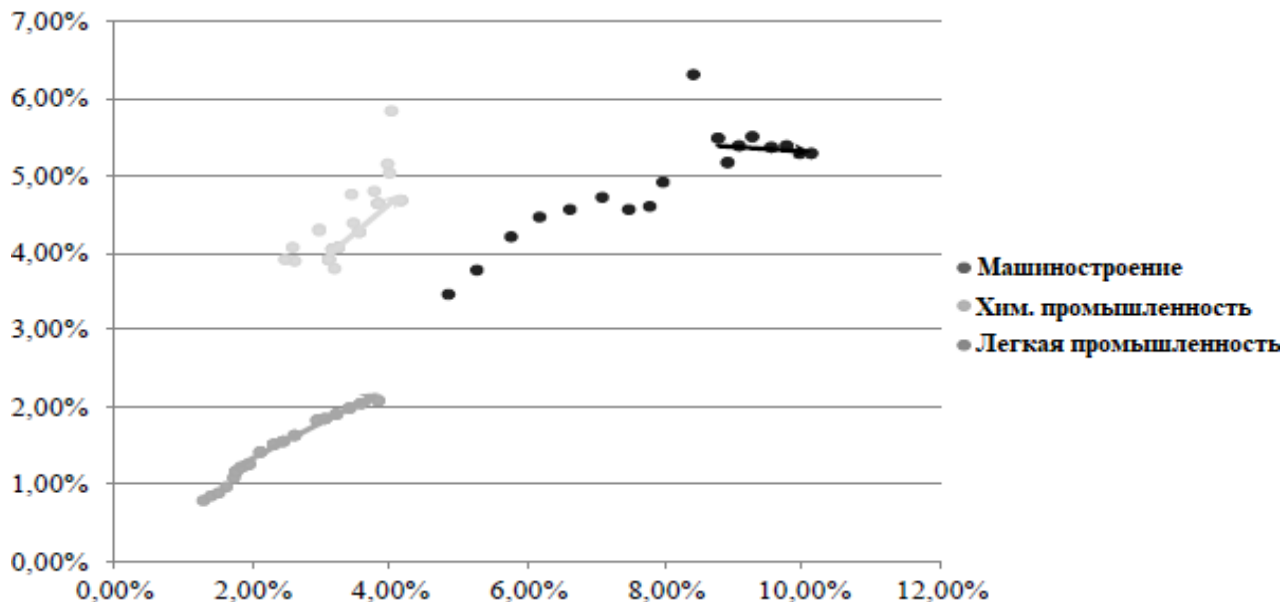


Рис. 4. Связь «смартемкости» отраслей промышленности (ось Y) с уровнем смартизации капитала (ось X)

Получить единый показатель соответствия предприятий критериям смарт-индустриализации (обозначим его k_J) на основе интеграции обоих показателей $k_{J/Y}$ и $k_{J/K}$ можно, если искать функциональную зависимость в виде билинейной формы (линейной по каждой переменной):

$$k_J = a_1 k_{J/K} + a_2 k_{J/Y} + a_3 k_{J/K} \cdot k_{J/Y} \quad (1).$$

Поскольку значения переменных по содержанию ограничены снизу и сверху значениями 0 и 1, рассмотрим, какое значение должна принимать функция в этих крайних точках, на основании чего можно получить систему уравнений, позволяющую найти функцию, рассматриваемую в явном виде. Такими крайними значениями k_J в точках $(k_{J/K}; k_{J/Y})$ будут:

1) (0; 0) – обозначает ситуацию, только когда расходы на КПО и БД равны нулю, следовательно, нулю должен быть равен и уровень смартизации производства. Поэтому $k_J(0; 0) = 0$ – по уравнению (1) имеем тождество;

2) ситуация (0; 1) невозможна, поскольку означает, что доля расходов на КПО и БД в капитале равна нулю, а в добавленной стоимости единице. Однако, если предположить, что капиталоемкость можно увеличивать бесконечно и рассматривать границу $\lim_{\substack{k_{J/Y} \rightarrow 1 \\ k_{J/K} \rightarrow 0}} k_J(k_{J/K}; k_{J/Y})$, то при $k_{J/K} \rightarrow 0$ уровень смартизации k_J должен стремиться к нулю при

любых значениях $k_{J/K}$. Таким образом, $k_J(0; 1) = 0$, т.е. из (1) следует, что $a_2 = 0$;

3) ситуация (1, 1) обозначает, что доля расходов на КПО и БД в капитале и в добавленной стоимости равна единице (единице равна и капиталоемкость). Такая ситуация тоже в чистом виде невозможна, но если рассматривать границу $\lim_{\substack{k_{J/Y} \rightarrow 1 \\ k_{J/K} \rightarrow 1}} k_J(k_{J/K}; k_{J/Y})$, то

уровень смартизации k_J должен увеличиваться с ростом $k_{J/K} \rightarrow 0$ и точно не уменьшаться с ростом $k_{J/K} \rightarrow 1$, а значит при максимальных их значениях, очевидно, что уровень смартизации производства будет равен единице. То есть, $k_J(1; 1) = 1$, а значит из (1), учитывая, что $a_2 = 0$, следует, что $a_1 + a_3 = 1$;

4) ситуация (1, 0) означает, как уже было сказано выше, что расходы КПО и БД составляют 100% капитала, при этом капитал равен нулю (или не используется в создании добавленной стоимости). Опять же в явном виде ситуация невозможна, однако рассмотрим гипотетическое поведение функции при приближении к предельным значениям одного из аргументов, когда другой фиксирован. При $k_{J/K} = 1$, $k_J = 1$, в любой точке, пока $k_{J/K}$ остается больше нуля (при любой малейшей капиталоемкости): $k_J(1; k_{J/Y})|_{k_{J/Y} > 0} = 1$. С другой

стороны, если капитал не используется в производстве ($k_{J/K} = 0$), какой бы ни была высокой его «смартизация», в данном случае производство не является «умным», т.е. $k_j(k_{J/Y}; 0) | \forall k_{J/Y} = 0$. Таким образом, в точке (1; 0) происходит бифуркация и оценить смартизацию предприятия не представляется возможным, а значит из (1) имеем соотношение $a_1 = k_j$.

Подставим все полученные отношения в (1) и получим:

$$k_j = k_j \cdot \frac{k_J}{\bar{K}} + (1 - k_j) \frac{k_J}{\bar{K}} \cdot \frac{k_J}{\bar{K}} \Rightarrow k_j = \frac{k_{J/K} \cdot k_{J/Y}}{1 + k_{J/K} \cdot k_{J/Y} - k_{J/K}} = \frac{k_{J/K} \cdot k_{J/Y}}{1 + k_{J/K}(k_{J/Y} - 1)}$$

Как видно, итоговый показатель соответствия предприятий критериям смарт-индустриализации k_j вполне адекватно интегрирует показатели смартизации капитала и «смартемкости» производства и дает возможность сравнивать по этому критерию любые производства независимо от их масштабов. Однако, в данном случае сравнение может быть осуществлено только в пределах порядкового подхода.

Вместе с тем, следующий показатель позволяет уже количественно сравнивать любые предприятия, независимо от их масштаба и уровня развития смарт-производства.

$$k_j = \sqrt{\frac{k_{J/K} \cdot k_{J/Y}}{1 + k_{J/K} \cdot k_{J/Y} - k_{J/K}}} = \sqrt{\frac{k_{J/K} \cdot k_{J/Y}}{1 + k_{J/K}(k_{J/Y} - 1)}}$$

Вместе с тем следует отметить, что весомым препятствием в России для моделирования и оценки уровня смартизации экономики в целом и предприятий определенной отрасли в частности является отсутствие необходимой статистики, которая ведется в большинстве развитых стран. Так, Росстат не собирает и не публикует показатели стоимости программного обеспечения и баз данных, в то же время учитывается показатель инвестиций в компьютерное программное обеспечение и базы данных, но только по экономике в целом, а не в разрезе отдельных видов экономической деятельности. Такая ситуация не только усложняет теоретические исследования, но и не обеспечивает органы государственной власти информацией, необходимой для принятия решений в сфере стимулирования цифровизации промышленности.

Таким образом, подводя итоги, можно сделать следующие выводы.

В конце XX – начале XXI в. на пути цифровизации экономических систем и отраслей промышленности особое распространение получила SMART парадигма, которая предусматривает замену индустриального производства на цифровое с усиливающимся воздействием цифровых технологий на бизнес-процессы субъектов хозяйствования и производство продукции. Одним из ключевых концептов указанной парадигмы является смарт-предприятие. На сегодняшний день существует много взглядов на содержание категории смарт-предприятия, но однозначного подхода и определения еще не выработано. С учетом указанного, в процессе исследования предложено авторское определение исследуемой категории, которое в отличие от существующих базируется на оптимизации бизнес-процессов производств, повышении их экономической эффективности, а также отражает сущность гибкого модульно-структурированного интеллектуального производства с использованием киберфизических систем мониторинга технологических процессов производства.

Использование методики McKinsey Global Institute позволило доказать, что легкая промышленность России имеет значительный потенциал автоматизации производства и бизнес-процессов для перехода к широкомасштабному использованию концепции смарт-предприятий. Учитывая состояние промышленного развития России в настоящее время, а также принимая во внимание возможности и перспективы смарт-парадигмы, в работе приведены ключевые инициативы смарт-предприятия, наиболее релевантные текущей ситуации в легкой промышленности страны и важные для ее движения в направлении внедрения «Индустрии 4.0»

С целью внедрения концепции смарт-предприятия в отечественную практику обоснован перечень наиболее приемлемых категорий окружения, в состав которых входят «фабрики» и «производственные площадки». Содержательное наполнение, особенности и ключевые аспекты применения на практике каждой из этих категорий рассмотрены отдельно.

Проведенные исследования позволили разработать структурную схему смарт-фабрики на базе промышленного интернета вещей в легкой промышленности России. Также выделены цели создания специальных производственных площадок в легкой промышленности и формализован вид смарт-предприятия в виде системы взаимодействия реальных предметов и их цифровых аналогов на производственных площадках.

Полученные в результате данные могут быть использованы при разработке концепции цифровизации легкой промышленности России.

Литература

1. Bastidas, Viviana; Bezbradica, Marija; Helfert, Markus Cities as Enterprises: A Comparison of Smart City Frameworks Based on Enterprise Architecture Requirements // Lecture notes in computer science. 2017. Number 10268; pp 20-28.
2. Bogue Robert. «Use S.M.A.R.T. goals to launch management by objectives plan». April 25, 2005. URL: <https://www.techrepublic.com/article/use-smart-goals-to-launch-management-by-objectives-plan>
3. Chavarria-Barrientos, Dante et al. A methodology to create a sensing, smart and sustainable manufacturing enterprise // International journal of production research. 2018. Volume 56: Number 1-2. Pp. 584-603.
4. Doran, G. T. There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives". Management Review. AMA FORUM. 1981. no. 70 (11). pp. 35–36.
5. Enterprise Interoperability: Smart Services and Business Impact of Enterprise Interoperability / Martin Zelm, Frank Walter Jaekel, Guy Doumeings, Martin Wollschlaeger. Wiley-ISTE, 2018. 496 p.
6. Fan, Yee Van et al. Cross-disciplinary approaches towards smart, resilient and sustainable circular economy // Journal of cleaner production. Volume 232: (2019, September 20th); pp. 1482-1491.
7. Gjeldum, Nikola; Mladineo, Marko; Veza, Ivica Transfer of Model of Innovative Smart Factory to Croatian Economy Using Lean Learning Factory // Procedia CIRP. Volume 54 (2016); pp. 158-163.
8. Helfert, Markus; Melo, Viviana Angely Bastidas; Pourzolfaghar, Zohreh Digital and Smart Services - The Application of Enterprise Architecture // Communications in computer and information science. 2018. Number 858. pp. 277-288.
9. Ismagilova, L. A. et al. Digital Business Model and SMART Economy Sectoral Development Trajectories Substantiation // Lecture notes in computer science. 2017. Number 10531; pp. 13-28.
10. Komoto, Hitoshi; Masui, Keijiro Model-based design and simulation of smart factory from usage and functional aspects // CIRP annals. 2018. Volume 67: Issue 1; pp. 133-136.
11. Managing Software Crisis: A Smart Way to Enterprise Agility / Sergey V. Zykov. Cham: Springer, 2018. 153 p.
12. McKinsey Quarterly. As sector borders dissolve, new business ecosystems emerge. McKinsey & Company, 2017.
13. Smart data: enterprise performance optimization strategy / James A. George, James A. Rodger; with a foreword by David E. Chesebrough. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2010. 327 p.
14. The «Smart» paradigm. URL: <http://www.smartid.it/en/smart-paradigm>;
15. The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s" (PDF), 1999. URL: <http://www.cs.cmu.edu/~jasonh/courses/ubicomp-sp2007/papers/03-weiser-origins.pdf>;
16. Yoon, Chui Youngn Measurement of Enterprise Smart Business Capability in a Global Management Environment // Lecture notes in electrical engineering. 2017. Volume 421. pp. 192-197.
17. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Сауренко Т.Н., Тебекин А.В. Модель обоснования программы инновационного развития компании. // Журнал исследований по управлению. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 32–41.
18. Ачба Л.В., Ворона-Сливинская Л.Г., Воскресенская Е.В. Цифровая трансформация

- управления, экономики и социальной сферы: реальность и перспективы // Экономика и управление. – 2019. – №6(164). – С. 26–31.
19. *Белясов И.С., Морозов Р.В., Тебекин А.В.* Задачи совершенствования механизмов функционирования хозяйственных образований в легкой промышленности за счет использования технологий цифровой экономики. // Маркетинг и логистика. – 2018. – № 4 (18). – С. 63–74.
20. *Вишневский В.П., Князев С.И.* Смарт-промышленность: перспективы и проблемы // Экономика. – 2017. – № 7. – С. 22–37.
21. *Дасив А.Ф., Мадых А.А., Охтеня А.А.* Моделирование оценки уровня смарт-индустриализации // Экономика промышленности. – 2019. – № 2 (86). – С. 107–125.
22. *Мезина Т.В.* Предпосылки внедрения концепции «Индустрия 4.0» // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2019. – №6. – С. 44-51.
23. *Петров В.С., Тебекин А.В.* Использование методологии моделирования IDEF при формировании структурно-параметрической модели реализации технологий обеспечения эффективного развития промышленных предприятий в условиях постиндустриальной экономики. // Транспортное дело России. – 2017. – № 4. – С. 43-49.
24. *Петров В.С., Тебекин А.В.* Промышленная политика и стратегия эффективного развития промышленных предприятий в условиях постиндустриальной экономики. – Москва: Русайнс, 2018. – 106 с.
25. *Тебекин А.В.* Оценка качества взаимосвязи составляющих триады управления социально-экономическими системами "цель-измеримость- практическая реализация". // Теоретическая экономика. – 2020. – № 7 (67). – С. 11-21.
26. *Тебекин А.В.* Проблемы развития знаниеемкого производства в россии и потенциальные пути их решения. В сборнике: Производство, наука и образование в эпоху трансформаций: Россия в [де]глобализирующемся мире (ПНО-VI). Сборник материалов VI Международного конгресса. Под общей редакцией С.Д. Бодрюнова. – 2020. – С. 273-281.
27. *Тебекин А.В.* Управление инновационно-инвестиционной деятельностью в сфере информационных технологий. – Москва: Палеотип, 2006. – 184 с.
28. Управление инновациями. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Блау С.Л., Мантусов В.Б., Новиков В.Е., Петров В.С., Тебекин А.В., Тебекин П.А. Российская таможенная академия. Москва, 2017. – 452 с.