

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 332.1

ГРНТИ 06.54.31, 06.81.19, 68.75.19

**Оптимизация энергопотребления на предприятиях АПК
с использованием технологий «умное производство»
(промышленный Интернет вещей)**

А.И. Алтухов, академик РАН, д.э.н., профессор
e-mail: info@vniiesh.ru

М.Н. Дудин, д.э.н., профессор
e-mail: dudinmn@mail.ru

А.Н. Анищенко, к.э.н.
e-mail: anishchenko-an@mail.ru

Аннотация

Предмет/тема. В рамках данной статьи рассмотрены организационно-управленческие и технологические аспекты перехода агропромышленных предприятий к технологиям «умного производства» (промышленный Интернет вещей – далее IoT). **Цели/задачи.** Целью исследования является эмпирическая оценка целесообразности внедрения технологий промышленного Интернета вещей в целях снижения энергоемкости и повышения экологической безопасности агропромышленного производства. Достижение поставленной цели было реализовано посредством решения соответствующих задач: исследование теоретических основ использования технологий Индустрии 4.0 (в целом и, в частности, промышленного IoT); анализ зарубежного опыта внедрения на агропромышленных предприятиях промышленного IoT и оценка возможностей его использования в российских условиях хозяйствования. **Методология.** В статье использована совокупность исследовательских методов: контент-анализ научных источников, статистический анализ данных о научно-технологическом развитии отечественных предприятий, экологичности и энергоемкости производства. **Выводы/значимость.** Полученные результаты позволяют говорить о том, что уже в краткосрочной перспективе следует ожидать изменение традиционного вектора развития в агропромышленном производстве в сторону науко- и интеллектоемкого тренда организации производственных процессов с использованием технологий промышленного IoT. Наряду с этим, зарубежный опыт показывает, что внедрение промышленного Интернета вещей на предприятиях аграрной сферы повышает рациональность энергопотребления, экологическую безопасность производства, что сопровождается ростом рентабельности производимой продукции. **Применение.** Авторы полагают, что зарубежный опыт внедрения технологий промышленного IoT может быть в достаточной степени эффективно использован в российском АПК, предприятия которого объективно нуждаются в повышении энергоэффективности и снижении экологической опасности производственной деятельности.

Статья подготовлена в рамках государственного задания ИПР РАН, тема НИР «Социально-экономическое и научно-технологическое развитие на различных уровнях управления в отраслях, комплексах и сферах деятельности национального хозяйства России».

Ключевые слова: Интернет вещей, IoT, умное производство, агропромышленный комплекс, энергопотребление, АПК

DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2019-1-58-66>

Введение

В настоящее время в глобальной экономике происходит очевидный технологический сдвиг, характеризующийся переходом от традиционного производства (в том числе концепции «бережливое производство») к «умному производству» [2, 4]. Необходимо отметить, что данный сдвиг прослеживается во всех отраслях и сферах реального сектора, в т.ч. и агропромышленном производстве, которое нуждается не только во внедрении smart-технологий, включаемых в континуум Индустрии 4.0 и используемых для снижения капиталоемкости основной деятельности, но и во внедрении технологий энергоснабжения для обеспечения экологически

ответственного производства [1, 3, 5, 8-10]. Учитывая, что промышленный IoT рассчитан не только на создание «умных производств», но и на создание «умных сетей», его следует рассматривать как некую технологию, обеспечивающую решение двуединой задачи:

- во-первых, объединение в информационную сеть всех физических объектов агропромышленного предприятия (или некоторого множества таких предприятий), позволяющую выстроить «умную архитектуру» бизнес-процессов и в результате снизить затраты на себестоимость производства и сбыта агропромышленной продукции;
- во-вторых, контроль всех бизнес-процессов в режиме реального времени, а также мониторинг энергоемкости основной деятельности и использование энергоэффективного оборудования, встроенного в информационную сеть на базе IoT, позволяет снизить энергопотребление и одновременно повысить экологичность агропромышленного производства.

Промышленный Интернет вещей в АПК позволит выпускать экологически безопасную продукцию не только с меньшими энергозатратами, но и негативным влиянием на окружающую среду. Соответственно, область, в которой IoT в АПК отведена наиболее важная роль – это smart-регистраторы и smart-сенсоры (счетчики и датчики), которые будут собирать, анализировать данные об энергопотреблении в основных бизнес-процессах производства, а также прогнозировать его энергоемкость. Это позволит принимать обоснованные решения в части управления функционированием и развитием предприятий АПК в целом.

Методика

В рамках данной статьи на основе анализа литературных источников [1, 3, 5-15], эмпирических данных об экспериментах по внедрению архитектуры IoT-предприятия в АПК изложены основные аспекты развития экологически безопасных и энергоэффективных агропромышленных производств в российской экономике. В статье проанализированы возможности использования парадигмы промышленного IoT; механизмы повышения энергоэффективности агропромышленного производства и уровня экологической безопасности.

Обзор литературы

Первая промышленная революция началась с перехода от ручного труда к механическому производственному процессу; за ней последовала вторая революция, характеризующаяся массовым производством товаров и услуг. Начавшийся в 1970-х годах и продолжающийся по настоящее время процесс внедрения автоматизации и использования электроники и информационных технологий для контроля производства считается третьей промышленной революцией (цифровой), в свою очередь введение технологий парадигмы IoT в процесс производства и в процесс потребления есть начало четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0) [2, 6, 14, 15]. Основным принципом Индустрии 4.0 является ядро из технологий IoT и «умного производства»: продукты, компоненты и производственные машины на стадии разработки будут собирать данные и обмениваться между собой в режиме реального времени. Это приведет к переходу от централизованных систем управления предприятием к децентрализованному искусственному интеллекту.

Таким образом, обмен данными и информацией между устройствами и сторонами в режиме реального времени является ключевым элементом «умных производств». В обмен данными, как правило, включается такая наиболее важная информация, как:

- состояние (динамика и структура) производственных процессов;
- объемы энергопотребления для создания продукции;
- состояние запасов (сырья, материалов, готовой продукции) и их движение;
- покупатели / заказчики, поставщики / подрядчики, прочие стейкхолдеры.

Учитывая, что потребительские предпочтения уже в настоящее время изменяются достаточно быстро, равно как и цепочки создания стоимости, новые «умные предприятия», в том числе осуществляющие свою деятельность в АПК, должны практически мгновенно адаптироваться (а идеале – опережать изменения рынка) к постоянно меняющимся требованиям, технологическим вариациям и регламенту рынка [6]. Например, в работе Ф. Шруфа и его соавторов представлена концепция, описывающая взаимосвязь между «умными производствами» («умными фабриками» или «умными предприятиями») и их потребителями [13]. На рис.1. представлена Концепция взаимодействия «умных производств» и потребителей посредством Интернет вещей.

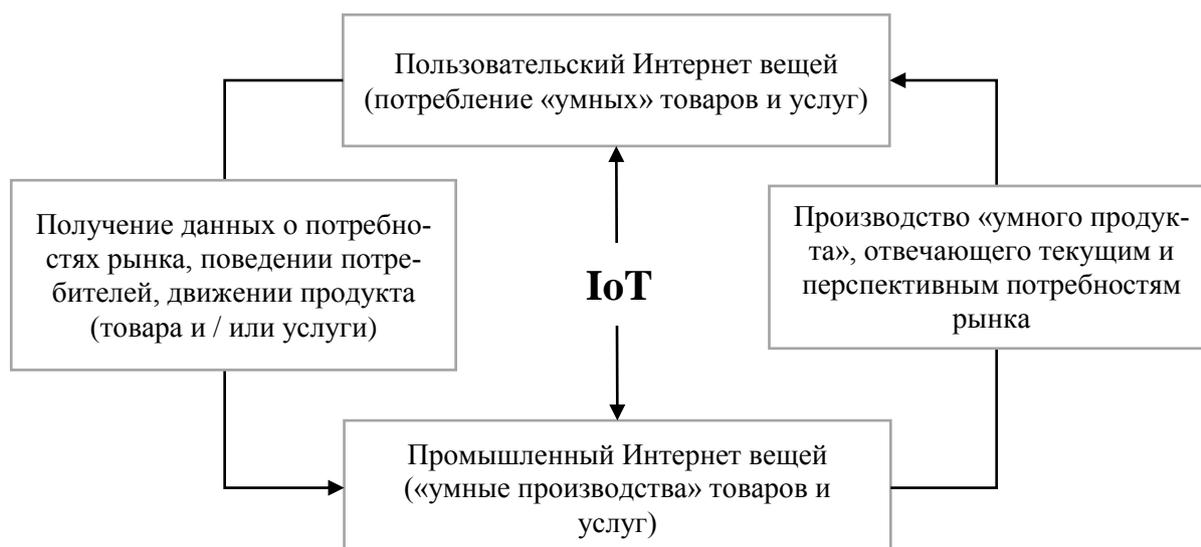


Рис. 1. Концепция взаимодействия «умных производств» и потребителей посредством Интернет вещей (промышленного и пользовательского)

При этом «умные производства» основаны на следующей совокупности технологий, описанных далее в таблице 1. Следует отдельно отметить, что повышение энергетической эффективности в процессах агропромышленного производства может быть реализовано на основе данных о потреблении энергии (рациональности её расходования) на уровне отдельно взятой единицы оборудования, производственной линии или в целом – на уровне предприятия.

Таблица 1

Технологии «умного производства» в парадигме промышленного Интернет вещей [7, 9, 11]

Технология	Описание технологии
Межмашинная связь (<i>m-2-m</i>) и smart-устройства	Оборудование, аппараты и устройства (полевые, мобильные, управляющие), которые могут взаимодействовать как между собой, так и с персоналом предприятия.
Smart-архитектура бизнес-процессов	Производственная, управленческая и обеспечивающая среда предприятия, поддерживаемая с помощью IoT-технологий, технологий big data и облачного хранилища данных.
Smart-логистика	Логистические инструменты разумного движения от внутренней логистики, реагирующей на неожиданные изменения (нехватка материалов, недостаток места и т.д.) к внешней.
Smart-энергетика	Интеллектуальные инфраструктуры производств с IoT-технологиями должны сами реагировать (т.е. требовать управления) на изменения в области энергопотребления.

В настоящее время существует несколько проверенных практических решений, которые могут быть приняты для внедрения в целях повышения энергоэффективности на уровне производственных линий (например, уменьшать нагрузку в час-пик, интегрировать данные о расходе энергии в график производства и т.д.). Кроме того, это позволит автоматизировать системы контроля окружающей среды в аграрной промышленности.

Результаты

Как показал анализ, первые места в национальном научно-технологическом рейтинге занимают либо регионы – центры экономического притяжения (Москва, Санкт-Петербург, Татарстан), либо регионы, основной специализацией которых являются тяжелое машиностроение, добыча и переработка природных ископаемых [7]. Регионы, являющиеся преимущественно агропромышленными (например, Краснодарский и Ставропольский край), занимают только 27 и

40 место в рейтинге соответственно, а Кабардино-Балкария, Адыгея, Дагестан – последние места (71, 73, 78 место из 85 возможных).

Очевидно, что при таком уровне научно-технологического прогресса в агропромышленных регионах экологическая безопасность производств весьма низкая, энергопотребление напротив – очень высокое, что также подтверждается данными Национального экологического рейтинга [4]. В частности, среднее значение энергоёмкости по Российской Федерации в 2017 году составляло 130,3 кг условного топлива на 10 тыс. руб. ВРП. При этом если рассмотреть отдельные регионы с агропромышленной специализацией, то можно отметить, что в Краснодарском крае и в Дагестане энергоёмкость производства ВРП ниже среднероссийского [6], а в Ставрополье, Кабардино-Балкарии, Адыгее – выше среднероссийского на 6,5-17,2% (рис. 2).

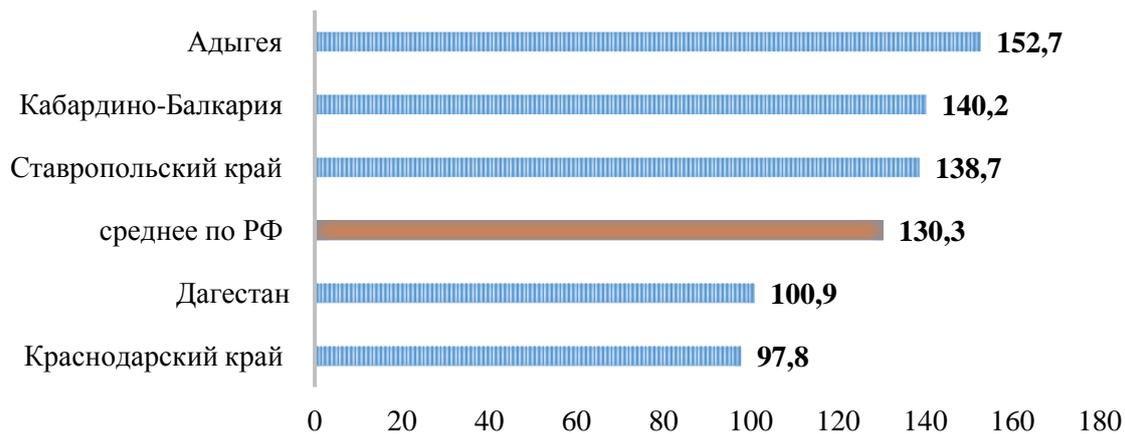


Рис. 2. Энергоёмкость производства ВРП в отдельных регионах в 2017 году, кг условного топлива на 10 тыс. руб.

Очевидно, что в сложившихся условиях производство продукции в российском агропромышленном комплексе нельзя признать экологически безопасным и энергетически эффективным. Следовательно, необходимо рассмотреть зарубежный опыт в части использования промышленного Интернета вещей (и в целом технологий, относимых к поколению Индустрии 4.0) для повышения уровня экологичности и энергоэффективности российского АПК.

Обсуждение

Основной причиной возникающих трудностей в оценке и повышении эффективности энергопотребления на предприятии является недостаточное понимание поведения энергопотребителей (т.е. машин / оборудования и т.д.). Чтобы повысить энергоэффективность агропромышленного предприятия необходимо уделить большее внимание данным вопросам и приложить все усилия для получения данных о расходе энергии, влиянии производства на окружающую среду с их дальнейшим внедрением в процесс управления производством. Использование IoT-технологий позволит кардинально изменить традиционную парадигму измерения расходов энергии на агропромышленных предприятиях, а также концепцию контроля экологических издержек. Более того внедрение smart-регистраторов и smart-сенсоров позволит осуществить дистанционный мониторинг данных об энергопотреблении и экологической безопасности. Эта данные могут сохраняться и анализироваться сразу в облачном хранилище. Результаты и сообщения об ошибках могут поступать сразу на мобильное приложение руководителям предприятия, либо линейным менеджерам, что позволит провести оценку в режиме реального времени, имея четкую картину энергопотребления и экологической безопасности производства агропромышленной продукции. На рис. 3 отображена общая схема повышения энергоэффективности и экологической безопасности агропромышленного производства [13].

Так, схема повышения энергоэффективности и экологической безопасности агропромышленных производств включает в себя четыре этапа. Первый этап состоит из четкого понимания производственных процессов и оценки текущих методов энергопотребления / экологической безопасности, и как следствие, последующий переход к задаче определения целей, ориентированных на совершенствование функционирования агропромышленного предприятия.

Второй этап предполагает замену основных фондов, которые признаны энергетически неэффективными и экологически небезопасными. На данном этапе необходимо:

- определить контролируемые машины / единицы оборудования;
- составить перечень необходимых условий, контроля для каждой машины / единицы оборудования;
- проверить ее технические характеристики и системы коммуникаций, также определить место сбора, анализа и хранения данных (например, облачное хранилище и т.д.).

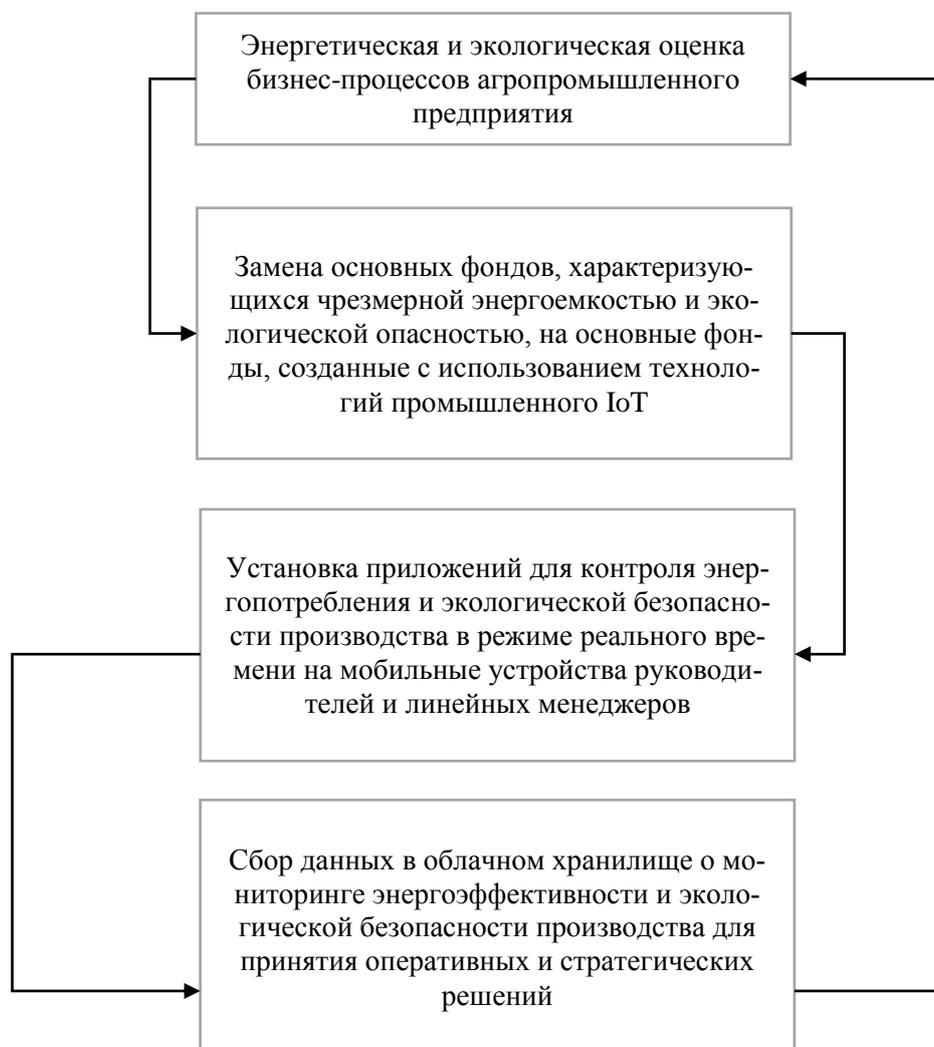


Рис. 3. Общая схема повышения энергоэффективности и экологической безопасности агропромышленных производств.

Далее необходимо проидентифицировать все процессы (т.е. последовательность производства, время обработки каждого продукта при различных настройках оборудования и т.д.), чтобы понять, как потребляется энергия и каким образом происходит сброс / рециклинг отходов производства, связать данные и принять наиболее эффективное решение.

На третьем этапе осуществляется интеграция полученных данных в систему управления энергопотреблением и экологической безопасностью (инструменты моделирования ситуаций, системы принятия автономных решений и т.д.), которые позволят ответственным лицам определить те участки производства / управления или снабжения, где может потребоваться оптимизация, а также выбрать наиболее стабильные настройки для функционирования оборудования с учетом заданных границ максимума и минимума энергоэффективности / экологической безопасности.

Четвертый этап происходит на самом высшем уровне, т.е. там, где определяется тактика и стратегия управления развитием агропромышленного предприятия в условиях текущего и будущего рынка.

Описанный выше подход был использован в деятельности агропромышленного предприятия в Испании (профиль предприятия: производство и переработка продукции растениеводства). Первоначально была проведена группировка основных фондов по соотношению уровня энергоемкости / экологической безопасности и производительности единицы оборудования. Далее, с учетом плана производства агропромышленной продукции и на основе использования эконометрического моделирования в интеллектуальной цифровой среде была определена наиболее оптимальная конфигурация основных фондов в производственном процессе с учетом энергопотребления и экологической безопасности каждого этапа производства продукции. Контроль над энергопотреблением и экологической безопасностью производства был передан бригадирам производственных смен.

Оптимизация коснулась небольшого участка (первичная сортировка сырья для производства пищевого продукта с повышенным содержанием клетчатки). Эксперимент проходил в течение 6 месяцев. В результате эксперимента было установлено, что энергоемкость данного производственного процесса сократилась в среднем в месяц на 11%, уровень экологического вреда – на 16%, при этом рентабельность производства продукции увеличилась на 5,5% (в конце эксперимента относительно данных на начало оптимизации производственного процесса) [13]. Проведенный на испанском агропромышленном предприятии эксперимент показал, что промышленный Интернет вещей действительно способствует повышению энергетической и экономической эффективности производственных процессов; при этом прослеживается снижение экологического вреда, наносимого окружающей среде.

Выводы

Промышленный Интернет вещей – это новая реальность в производственной индустрии (Индустрии 4.0). При этом современные технологии, которые положены в основу промышленного IoT, позволяют реализовывать решения, направленные на:

- рациональное сокращение энергопотребления в основных, вспомогательных и прочих бизнес-процессах агропромышленных предприятий;
- повышение экологической безопасности производства агропромышленной продукции;
- обеспечение экономической эффективности решений по энергетической и экологической оптимизации производственных процессов в аграрной сфере.

Зарубежные агропромышленные предприятия уже системно переходят к использованию достижений промышленного Интернета вещей, однако в российской действительности пока встречаются лишь единичные науко- и интеллектоемкие решения по оптимизации бизнес-процессов в сфере аграрного производства и сельского хозяйства. Но очевидно, что сложившаяся ситуация не может сохраняться достаточно долго, поскольку высокая ресурсоемкость российского АПК предельно сокращает конкурентоспособность продукции комплекса, что может стать причиной критических деструктивных явлений в отрасли. Поэтому российские предприятия, осуществляющие свою деятельность в АПК, будут вынуждены перейти на технологии, которые относятся в целом к Индустрии 4.0 и, в частности, – к промышленному Интернету вещей. В рамках данной статьи были рассмотрены организационно-технологические аспекты модернизации агропромышленных предприятий для повышения их энергоэффективности и экологической безопасности. В дальнейших своих исследованиях авторы предполагают рассмотреть использование нейросетевых технологий для проведения энергетического и экологического аудита в деятельности агропромышленных предприятий.

Литература

1. Алетдинова А.А., Артемова Н.Е. Перспективы применения «интернета вещей» в агропромышленном комплексе России //Иновации и продовольственная безопасность. - 2016. - № 1.- С. 93-98.
2. Боговиз А.В., Санду И.С., Дудин М.Н., Лясников Н.В. Развитие информационно-коммуникационных и интернет-технологий на аграрном рынке //АПК: Экономика, управление. - 2017. - № 10.- С. 34-44.
3. Гулин К.А., Усков В.С. О роли интернета вещей в условиях перехода к четвертой промышленной революции //Проблемы развития территории. - 2017. - № 4 (90). - С. 112-131.
4. Национальный экологический рейтинг – 2018. Общероссийская общественная организация «Зеленый патруль». [Электронный ресурс]. URL: <http://greenpatrol.ru/ru/stranica-dlya-obshchego-reytinga/ekologicheskii-reyting-subektov-rf?tid=343> (Дата обращения: 10.02.2019).
5. Огнивцев С.Б. Концепция цифровой платформы агропромышленного комплекса //Международный сельскохозяйственный журнал. - 2018. - № 2. - С. 16-22.
6. Технологическое развитие отраслей экономики. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/economydevelopment (Дата обращения: 13.01.2019).
7. Уровень развития науки и технологий в регионах России – 2018. РИА Рейтинг. [Электронный ресурс]. URL: <http://riarating.ru/infografika/20181017/630109152.html> (Дата обращения: 12.02.2019).
8. Федякова Н.Н. Использование современных информационных и ресурсосберегающих технологий в АПК региона //Регионология. - 2017. - № 2 (99). - С. 187-199.
9. Azevedo A., Almeida A. Factory templates for digital factories framework //Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2011. Vol. 27. No. 4, pp. 755-771.
10. Atzori L., Iera A., Morabito G. The internet of things: A survey //Computer networks. 2010. Vol. 54. No. 15, pp. 2787-2805.
11. Garetti M., Taisch M. Sustainable manufacturing: trends and research challenges //Production planning & control. - 2012. - Vol. 23. – No. 2-3, pp. 83-104.
12. Haller S., Karnouskos S., Schroth C. The internet of things in an enterprise context //Future Internet Symposium. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008, pp. 14-28.
13. Kara S., Bogdanski G., Li W. Electricity metering and monitoring in manufacturing systems //Glocalized solutions for sustainability in manufacturing. Berlin, Heidelberg: Springer. 2011, pp. 1-10.
14. Lee J., Lapira E., Bagheri B., Kao H. A. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment //Manufacturing Letters. 2013. Vol. 1. No. pp. 38-41.
15. Lipper L. Climate-smart agriculture for food security //Nature climate change. 2014. Vol. 4. No. 12, pp. 1068.
16. Shrouf F., Ordieres J., Miragliotta G. Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm //Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2014, pp. 697-701.
17. Tong Ke F. Smart agriculture based on cloud computing and IOT //Journal of Convergence Information Technology. 2013. Vol. 8. No. 2.
18. Witchalls C., Chambers J. The internet of things business index: A quiet revolution gathers pace //The Economist Intelligence Unit. 2013.

Об авторах

Алтухов Анатолий Иванович, академик РАН, д.э.н., профессор, зав. отделом, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства», Москва.

Дудин Михаил Николаевич, д.э.н., профессор, заместитель директора, Институт проблем рынка РАН, Москва.

Анищенко Алеся Николаевна, к.э.н., старший научный сотрудник, Институт проблем рынка РАН, Москва.

Для цитирования

Алтухов А.И., Дудин М.Н., Анищенко А.Н. Оптимизация энергопотребления на предприятиях АПК с использованием технологий «умное производство» (промышленный Интернет вещей) //Проблемы рыночной экономики. - 2019. - № 1.- С. 58-66.

DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2019-1-58-66>

Optimization of energy consumption in the enterprises of the agro-industrial complex on the basis of «smart production» technologies (industrial Internet of Things)

Anatoly I. Altukhov, Academician of RAS, Dr. of Sci. (Econ.), Professor
e-mail: aashutkov@yandex.ru

Mikhail N. Dudin, Dr. of Sci. (Econ.), Professor
e-mail: dudinmn@mail.ru

Alesya N. Anishchenko, Cand. of Sci. (Econ.)
e-mail: anishchenko-an@mail.ru

Abstract

Subject/topic. In this article, we consider the organizational, managerial and technological aspects of the transition of agro-industrial enterprises to "smart production" technologies (Industrial Internet of Things / IoT in Industry 4.0). **Goals/Objectives.** The purpose of the study was to empirically assess the feasibility of introducing industrial Internet of Things technologies to reduce energy intensity and improve the environmental safety of agro-industrial production. Achievement of the goal was achieved through the solution of relevant tasks: a study of the theoretical foundations of using the technologies of Industry 4.0 (in general, and in particular the industrial Internet of Things); analysis of foreign experience in the implementation of industrial IoT in agro-industrial enterprises; the results obtained abroad and the possibility of their use in the Russian context. **Methodology.** The article uses a set of research methods: content analysis of scientific sources, statistical analysis of data on the scientific and technological development of Russian agro-industrial regions, environmental friendliness and energy intensity of production in them. **Conclusions/Relevance.** The obtained results suggest that in the short term we should expect a global change in the traditional trend in the agro-industrial production for science and intelligence-intensive trends in the organization of production processes in the agro-industrial complex using industrial IoT technologies. Foreign experience shows that the introduction of the Industrial Internet of Things in agricultural enterprises increases the rationality of energy consumption and the environmental safety of production, which is accompanied by an increase in the profitability of products. **Application.** The authors believe that the foreign experience of introducing industrial IoT technologies can be sufficiently effectively used in the Russian agro-industrial complex, whose enterprises objectively need to improve energy efficiency and reduce the environmental hazard of production activities.

The article was prepared in the framework of the state task of the MEI RAS, the theme of research "Socio-economic and scientific-technological development at different levels of management in the sectors, complexes and spheres of activity of the national economy of Russia».

Keywords: *Internet of Things, IoT, smart production, agro-industrial complex, energy consumption, agriculture, smart fabric*

References

1. Aletdinova A.A., Artemova N.E. Prospects for the use of the Internet of things in the agro-industrial complex of Russia //Innovations and food security. - 2016. - № 1. - P. 93-98 (In Russian).
2. Bogovic, A.V., Sandu I.S., Dudin M.N., Lyasnikov N.V. Development of information, communication and Internet technologies in the agricultural market //APC: economy, management. - 2017. - № 10. - P. 34-44 (In Russian).
3. Gulin K.A., Uskov V.S. On the role of the Internet of things in the transition to the fourth industrial revolution //Problems of territory development. - 2017. - № 4 (90). - P. 112-131 (In Russian).
4. National environmental rating – 2018. All-Russian public organization "Green patrol". [Electronic resource.] URL: <http://greenpatrol.ru/ru/stranica-dlya-obshchego-reytinga/ekologicheskii-reyting-subektov-rf?tid=343> (Access date: 10.02.2019, In Russian).
5. Ognivtsev S.B. The Concept of the digital platform of agro-industrial complex //International agricultural journal. - 2018. - № 2. - P. 16-22 (In Russian).
6. Technological development of sectors of the economy. Federal state statistics service [Electronic resource]. URL: http://www.gks.ru/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/economydevelopment (Access date: 13.01.2009, In Russian).
7. The level of development of science and technology in the regions of Russia – 2018. RIA

Rating. [Electronic resource.] URL: <http://riarating.ru/infografika/20181017/630109152.html> (Access date: 12.02.2019, In Russian).

8. Fedyakova N.N. The use of modern information and resource-saving technologies in agriculture in the region // *Regionology*. - 2017. - № 2 (99). - P. 187-199 (In Russian).

9. Azevedo A., Almeida A. Factory templates for digital factories framework // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2011. Vol. 27. No. 4. P. 755-771 (In Russian).

10. Atzori L., Iera A., Morabito G. The internet of things: A survey // *Computer networks*. 2010. Vol. 54. No. 15. P. 2787-2805.

11. Garetti M., Taisch M. Sustainable manufacturing: trends and research challenges // *Production planning & control*. 2012. Vol. 23. No. 2-3. P. 83-104.

12. Haller S., Karnouskos S., Schroth C. The internet of things in an enterprise context // *Future Internet Symposium*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008. P. 14-28.

13. Kara S., Bogdanski G., Li W. Electricity metering and monitoring in manufacturing systems // *Glocalized solutions for sustainability in manufacturing*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011. P. 1-10.

14. Lee J., Lapira E., Bagheri B., Kao H. A. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment // *Manufacturing Letters*. 2013. Vol. 1. No. 1. P. 38-41.

15. Lipper L. Climate-smart agriculture for food security // *Nature climate change*. 2014. Vol. 4. No. 12. P. 1068.

16. Shrouf F., Ordieres J., Miragliotta G. Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm // *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2014. P. 697-701.

17. Tong Ke F. Smart agriculture based on cloud computing and IOT // *Journal of Convergence Information Technology*. 2013. Vol. 8. No. 2.

18. Witchalls C., Chambers J. The internet of things business index: A quiet revolution gathers pace // *The Economist Intelligence Unit*. 2013.

About authors

Anatoly I. Altukhov, Academician of RAS, Dr. of Sci. (Econ.), Professor, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Moscow.

Mikhail N. Dudin, Dr. of Sci. (Econ.), Professor, Deputy Director, Market Economy Institute of RAS, Moscow.

Alesya N. Anishchenko, Cand. of Sci. (Econ.), Senior Researcher, Market Economy Institute of RAS, Moscow.

For citation

Altukhov A.I., Dudin M.N., Anishchenko A.N. Optimization of energy consumption in the enterprises of the agro-industrial complex on the basis of «smart production» technologies (industrial Internet of Things) // *Market economy problems*. - 2019. - № 1. - P. 58-66 (In Russian).

DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2019-1-58-66>