

Модель внедрения IoT-технологий в складских процессах фармацевтической компании.

Часть 1: Процесс приемки товаров на склад

The model of IoT technology in warehouse processes of a pharmaceutical company. Part 1

doi 10.26310/2071-3010.2023.292.2.002



Н. И. Диденко,
д. э. н., профессор, институт
промышленного менеджмента,
экономики и торговли
✉ didenko.nikolay@mail.ru

N. I. Didenko,
Doctor of Economic Sciences,
Professor



А. Л. Рыбас,
д. э. н., профессор
✉ rusintrade@mail.ru

A. L. Rybas,
Doctor of Economic
Sciences, Professor



А. Ю. Газизулина,
к. т. н., доцент, институт передовых
производственных технологий/
высшая школа передовых цифровых
технологий
✉ albinagazizulina@gmail.com

A. Yu. Gazizulina,
PhD, assistant professor, Institute of
Advanced Manufacturing Technologies



К. Э. Скрипнюк,
аспирант, институт
компьютерных наук и технологий
✉ konstantin.skripnyuk@mail.ru

K. E. Skripnyuk,
postgraduate

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*

В статье предметом исследования выступают IoT-технологии в складских процессах фармацевтической компании. Цель работы: представление этапов модели внедрения IoT-технологий в складские процессы дистрибьютора фармацевтической продукции. Фармацевтический дистрибьютор является промежуточным звеном в цепочке поставок фармацевтической продукции, которое связывает производителей с розничными, мелкооптовыми фармацевтическими компаниями и больничным сектором, представляя по сути фармацевтический склад. Фармацевтический склад представлен как специально оборудованное помещение, предназначенное для хранения и обработки фармацевтических продуктов, соответствующее установленным основным признакам. Работа состоит из двух частей. В первой части статьи представлены процессы моделирования приемки товаров на фармацевтический склад. Во второй части статьи представлены процессы моделирования контроля температуры в складских помещениях.

Результаты работы. Предложены этапы модели внедрения IoT-технологий на объекте исследования: датчики, отслеживающие температуру в складских помещениях и подающие сигналы о нарушении температурного режима в систему управления складом; датчики температуры в транспортных средствах, позволяющие отслеживать температуру в ТС и принимать решения при приемке (в случае появления критических отклонений); RFID-метки, которые при приемке считываются, регистрируются в системе WMS и далее после размещения товаров в ячейках, подают сигналы на считыватели в помещениях. Процессы приемки товара на склад описаны для целевой модели, представлена архитектура внедряемого решения: фактическая модель (как есть) и целевая модель (как должно быть). Для проверки и дальнейшей оценки внедряемых решений строится имитационная модель тестирования складских процессов с применением IoT-технологий в виде смоделированных событийных процессов в среде AnyLogic. Построена диаграмма Исикавы возможных базовых рисков модели.

The article considers IoT technologies in warehouse processes of pharmaceutical company. The purpose of the paper is to present the stages of IoT technologies model implementation into warehouse processes of pharmaceutical product distributor. The pharmaceutical distributor is a link between producers and retail and wholesale pharmaceutical companies and hospital sector in supply chain of pharmaceutical goods, which is actually a pharmaceutical warehouse. The pharmaceutical warehouse is a specially equipped room aimed to store and process pharmaceutical goods, which corresponds to the regulated requirements. The article consists of two chapters. The first chapter of the paper shows pharmaceutical warehouse goods acceptance process modelling. The second part of the paper shows modelling of warehouse rooms temperature control.

Results. The authors suggested stages of IoT technologies model implementation in study objects: temperature control sensors in warehouse rooms, which react on temperature change and signal to the warehouse control; temperature sensors in transport vehicles that control temperature inside and make a decision during acceptance process (in case of critical deviation); RFID tags, which are sensed and registered in WMS during acceptance process and when stored in cells goods send a signal to readers in rooms. Warehouse goods acceptance processes are described for a target model, the authors show solution architecture: an actual model (as it is) and the target model (as it has to be). To check and estimate implemented solutions the authors present simulation model of IoT technologies warehouse processes as simulated event processes in AnyLogic. Ishikawa diagram of model potential basic risks is built.

Ключевые слова: IoT-технологии; фармацевтический склад; складские процессы; моделирование складских процессов; моделирование процессов приемки товаров на фармацевтический склад.

Keywords: IoT technologies, pharmaceutical warehouse, warehouse processes, warehouse processes modelling, pharmaceutical warehouse goods acceptance process modelling.

Введение

Фармацевтическая компания — коммерческое предприятие, основной деятельностью которого явля-

ется исследование, разработка, изучение рынка и дистрибуция лекарственных веществ, в основном в сфере здравоохранения [1]. Фармацевтические компании в настоящее время формируют одну из самых успешных в инновационном развитии отрасль. Фармацевти-

ческая отрасль является самой высокотехнологичной индустрией по затратам на НИОКР во всем мире (например, в США — 55.755 млн. евро в 2020 году) [2], уровень ее развития оказывает значительное влияние на качество и уровень жизни населения. При этом фармацевтическое производство связано либо с работой с дженериками, либо с оригинальными (брендованными) препаратами. Новейшие технологии реализуются как на этапе производства, так и на этапе транспортировки и хранения лекарственных средств [3], в связи с тем, что фармацевтическая продукция может утратить свои лечебные свойства при неправильном хранении. Соблюдение необходимых условий при хранении и транспортировке фармацевтической продукции является критической необходимостью и обуславливает сохранение фармакологических свойств продукции до попадания к конечному потребителю.

На каждом этапе от производителя до аптек и медицинских организаций лекарственные препараты хранятся на складах, при этом каждый отдельный субъект в структуре фармацевтического рынка является отдельным этапом логистической цепочки поставок фармацевтической продукции. [4]

Следует различать общепринятое понятие «склад» и «фармацевтический склад». Под складом обычно понимают техническое сооружение или специально оборудованное помещение, предназначенное для приема, размещения, хранения, отпуска и доставки товаров потребителям с обеспечением сохранения качества и количества товаров без изменения их свойств или изменения с минимальными потерями. [5,6] Склады являются неотъемлемым компонентом любой цепочки поставок и активно исследуемым объектом исследования. [7]

Фармацевтический склад обычно рассматривают как специально оборудованное и лицензированное помещение, предназначенное для хранения и обработки фармацевтических продуктов [8,9], при этом концентрация запасов фармацевтических товаров и их хранение должны обеспечить бесперебойное и ритмичное снабжение заказов потребителей, с одной стороны, а с другой стороны, обеспечить особый режим, создающийся для хранения такой специфической продукции, учитывая соблюдение условий и сроков хранения, поддержка работы с сертификатами, серийный учет, высокую точность и скорость сборки заказов, дополнительный контроль определенных групп товаров. [10]

Фармацевтические склады во многих странах обеспечивают покупку, продажу и распространение фармацевтической продукции в рамках текущих правовых обстоятельств [11], имеют проблему выбора наилучшего места для фармацевтического склада [12], поскольку являются одними из центров, играющих важнейшую роль в доставке лекарственных средств от производителей к потребителям.

В рамках данной статьи под фармацевтическим складом будем понимать специально оборудованное помещение, предназначенное для хранения и обработки фармацевтических продуктов, соответствующее следующим основным признакам: поддержание необходимых условий и особого режима для хранения продукции; наличие специального оборудования

и технологий, обеспечивающих поддержание условий хранения и дополнительный контроль определенных групп фармацевтической продукции; наличие лицензии для осуществления хранения фармацевтической продукции и соответствующее текущим правовым обстоятельствам.

Фармацевтический дистрибьютор является промежуточным звеном в цепочке поставок фармацевтической продукции, которое связывает производителей с розничными, мелкооптовыми компаниями и больничным сектором, представляя по сути фармацевтический склад.

Фармацевтическая продукция и фармацевтический склад: характеристика и основные требования

Работа складской системы фармацевтического дистрибьютора, организация и управление процессами товародвижения во многом обусловлены особенностями продукции медицинского назначения.

Фармацевтическая продукция (продукция медицинского назначения) — это фармпрепараты, вакцины, медицинское оборудование, а также биопрепараты и использование химической продукции для конечной продукции фармацевтического рынка. [13]

Продукция медицинского назначения укрупненно делится на две группы [14]: (1) медицинские товары: ортопедические изделия, расходные материалы, оборудование; (2) лекарственные препараты: иммунобиологические, гомеопатические, наркологические, психотропные и другие.

Для группы лекарственных препаратов необходимы определенные условия транспортировки и хранения, установленные как законодательным образом, так и требованиями с учетом их физико-химических свойств. При определении процессов фармацевтического дистрибьютора необходимо определить классификационные признаки продукции как основного объекта, влияющего на процессы и организацию складского пространства.

Классификация запасов фармацевтической продукции по логистическим признакам имеет следующие группы: [15] (1) по сроку годности: краткосрочного хранения, средней длительности, длительного хранения; (2) по остаточному сроку годности, %: превышает 90%, превышает 70%, превышает 50%, менее 50%; (3) по размерам партий поставки: мелкопартионные поставки, стандартные партии поставки, крупные партии поставки; (4) по условиям транспортировки: общие условия транспортировки, соблюдение условий термолабильности и неразрывности холодовой цепи, соблюдение условий транспортировки дезинфицирующих и химических средств, соблюдение условий транспортировки взрывоопасных веществ; (5) по условиям хранения: по фармацевтическим группам, по способу применения, по форме выпуска, требующие защиты от света, требующие повышенной влажности, требующие постоянной вентиляции; (6) по условиям лицензирования: не требующие наличия лицензии (парафармацевтика и БАДы), общая лицензия на фармацевтическую деятельность, лицензия на деятельность

с препаратами предметно-количественного учета (психотропными, сильнодействующими, наркотическими препаратами).

Представленные классификационные признаки являются следствием требований к условиям хранения и транспортировки разных групп лекарственных препаратов, которые, в свою очередь, помогают определить отличительные аспекты складских процессов фармацевтического дистрибьютора.

На основании обзора исследований [16–19] были определены требования к хранению и транспортировке фармацевтической продукции:

1. Соблюдение условий транспортировки и хранения (температура, влажность) в транспорте и складских помещениях (обеспечение непрерывной холодной цепи).

Несоблюдение условий хранения является одним из наиболее часто встречающихся нарушений, выявляемых контролирующими органами в фармацевтической отрасли при проверках складских помещений. Наиболее распространенные нарушения касаются отклонений от критериев приемлемости условий окружающей среды, в частности температуры. Многие фармацевтические продукты термолабильны — их безопасность во многом зависит от условий хранения и транспортировки. Например, кратковременное воздействие низких температур хотя и не изменяет внешний вид, потребительские свойства и параметры качества препаратов мягких лекарственных форм, но может оказывать влияние на постоянство их фармакологического действия. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, более 50% вакцин ежегодно выбрасываются во всем мире из-за проблем с контролем температуры, логистикой и доставкой. [20]

Согласно действующему законодательству [21], доставку медицинских иммунобиологических препаратов разрешается осуществлять двумя способами — специальными авторефрижераторами или в термоконтейнерах. Однако авторефрижераторы и термоконтейнеры в пути от изготовителя до потребителя проходят длинную цепочку, что делает практически невозможным определение виновника при обнаружении нарушений условий доставки. Для поддержания надлежащей температуры и влажности при транспортировке и хранении широко используется непрерывная холододовая цепь. Непрерывная холододовая цепь — это комплекс организационно-технических мероприятий, которые обеспечивают контролируемый оптимальный температурный режим от этапа производства препарата до этапов транспортировки, хранения, процессов распределения и доставки конечному потребителю. [22] Фармацевтическая холододовая цепь, в частности, представляет собой сложную цепь, которой необходимо эффективно управлять с учетом ее прямого воздействия на здоровье и жизнь людей. Для поддержания температуры в холододовой цепи используется оборудование для надлежащего обеспечения условий хранения и перевозки медикаментов: системы кондиционирования; холодильные камеры и холодильники; охранная и пожарная сигнализация; системы контроля доступа; вентиляционная система;

оборудование, используемое для регистрации температуры и влажности.

В качестве оборудования регистрации показателей температуры в местах хранения обычно используются: термометры для «холодовой цепи» (в том числе электронные датчики температуры), термографы, терморегистраторы; термоконтейнеры — изделия с теплоизолирующими свойствами, используемые совместно с холодильными пакетами; оборудование для хранения — холодильные или морозильные комнаты, камеры — помещения или емкости, в которых поддерживается определенный температурный режим во время хранения.

Движение грузов по холододовой цепи может быть разделено на этапы: подготовка к отгрузке; складирование; перевозка; выгрузка продукции. Согласно принципам холододовой цепи мониторинг условий транспортировки должен осуществляться на всех этапах с момента отгрузки груза производителем до получения потребителями.

2. Мониторинг срока годности и остаточного срока годности продукции при хранении и реализации.

Срок годности — это временной промежуток, в течение которого все показатели препарата полностью соответствуют требованиям стандартов качества, по которым препарат был произведен. Срок годности определяют экспериментально с учетом условий хранения и упаковки — выявляют условия хранения и факторы, которые негативно воздействуют на качество продукта.

Остаточный срок годности (ОСГ) — это период времени, в течение которого препарат сохраняет изначальные потребительские свойства. Отличие ОСГ в том, что это не характеристика препарата, а скорее условие контракта, регулирующееся Федеральным законом № 44-ФЗ, по которому поставщик обязан поставлять заказчику товар с остаточным сроком годности не меньше условленного. Однако способ указания ОСГ не урегулирован на законодательном уровне — его можно указывать в формате даты или в процентах.

3. Мониторинг движения лекарственных препаратов при поставке товаров.

С ноября 2015 года, в соответствии с Приказом Минздрава РФ от 30.11.2015 года № 866 «Об утверждении концепции создания федеральной государственной информационной системы мониторинга движения лекарственных препаратов от производителя до конечного потребителя с использованием маркировки» на территории Российской Федерации проводится эксперимент по маркировке лекарственных препаратов (ФГИС МДЛП). [23] Внедрение системы мониторинга движения лекарственных препаратов от производителя до конечного потребителя является основным инструментом для защиты населения от фальсифицированных лекарственных препаратов.

С июля 2020 информационная система мониторинга движения лекарственных препаратов действует на территории РФ под наименованием «Честный знак». Проверка происходит путем считывания специального кода — Data Matrix с вторичной (потребительской) упаковки лекарственного препарата. При

прохождении проверки контролируются следующие показатели товара: наименование, срок годности, текущее состояние — товар в реализации, серия и производитель. [24]

Перемещение лекарственных препаратов строго регламентировано, оно сопровождается передачей сведений в ФГИС МДЛП с использованием одного из способов предоставления сведений [25]:

- Прямой акцепт — отправитель регистрирует в ФГИС МДЛП сведения об отгрузке покупателю лекарственных препаратов, а получатель подтверждает в системе эти сведения об отгрузке.
- Обратный акцепт — получатель регистрирует в ФГИС МДЛП сведения о приемке лекарственных препаратов на склад, а отправитель осуществляет подтверждение сведений о приемке на склад покупателя.

Хотя внедрение подхода мониторинга движения лекарственных средств является хорошим инструментом для исключения фальсифицированных лекарственных препаратов, это не дает возможности отслеживать не маркированные товары — БАДы, парафармацевтика.

4. Мониторинг движения лекарственных препаратов предметно-количественного учета.

Приказом Минздрава России от 22.04.2014 № 183н (ред. от 27.07.2018) утвержден перечень лекарственных средств для медицинского применения, подлежащих предметно-количественному учету (ПКУ): препараты, содержащие наркотические средства (НС), психотропные вещества (ПВ) и их прекурсоры. [26] Лекарственные препараты, включенные в перечень лекарственных средств для медицинского применения, подлежащих ПКУ, отпускаются по рецептам.

Хранение НС, ПВ и прекурсоров осуществляется в специально оборудованных помещениях. Помещения подразделяются на 4 категории, к каждой из которых устанавливаются особые требования. В целях обеспечения сохранности НС, ПВ и прекурсоров помещения подлежат охране. Уничтожение товаров ПКУ проводится на специально оборудованных площадках или в специально подготовленных помещениях. Также все участники фармацевтической деятельности, работающие с товарами ПКУ, сами должны иметь и проверять наличие друг у друга лицензии на деятельность с препаратами предметно-количественного учета.

5. Учет лицензий Росздравнадзора при работе с поставщиками и клиентами.

Статьей 8 Федерального закона № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств» и Постановлением Правительства РФ от 22.12.2011 № 1081 «О лицензировании фармацевтической деятельности» установлено требование об обязательности лицензирования как производства лекарственных средств, так и фармацевтической деятельности, медицинского и ветеринарного применения. [27]

Лицензия на фармацевтическую деятельность предусматривает оптовую и розничную торговлю, отпуск, перевозку, хранение и изготовление лекарств для ветеринарного и медицинского применения. В области обращения медикаментов с целью медицинского применения, лицензию выдает Росздравнадзор. В соот-

ветствии с пунктом 33 статьи 4 Федерального закона от 12.04.2010 № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств» фармацевтическая деятельность — это деятельность, включающая в себя оптовую торговлю лекарственными средствами, их хранение, перевозку и розничную торговлю лекарственными препаратами, их отпуск, хранение, перевозку, изготовление лекарственных препаратов. [28]

Это значит, что фармацевтический дистрибьютор, во-первых, сам должен обладать лицензией на фармацевтическую деятельность, а, во-вторых, проверять наличие лицензии у аптек при перепродаже.

6. Выявление, изоляция и контроль фальсифицированной продукции.

Говоря о борьбе с фальсификацией лекарственных препаратов, необходимо определить термины: выделяют фальсифицированные, недоброкачественные и контрафактные препараты. [29]

Фальсифицированные лекарственные средства — это лекарственные средства с неправильной маркировкой в отношении их подлинности и/или изготовителя, нанесенной преднамеренно и в обманных целях. Недоброкачественный препарат — это препараты, которые не соответствуют требованиям нормативной документации. Контрафактный препарат — препарат, который находится в обороте, но этот факт нарушает гражданское законодательство. Поддельные лекарства оказывают значительное влияние на стоимость фармацевтической цепочки поставок, что приводит к риску для пациентов и проблемам безопасности, а также к ухудшению репутации производителя и подрыву доверия потребителей. Для производителей фармацевтической продукции фальсификация также ведет к потере выручки, так как поддельный препарат обычно реализуется по заниженным ценам.

Исходя из основных этапов движения товаров, требований к условиям хранения и транспортировки фармацевтической продукции, требований к оборудованию и складским помещениям, в которых хранится фармацевтическая продукция, представим основные требования и зоны склада по этапам движения товаров на складе:

- 1) Разгрузка транспорта, доставляющего товар: условия транспортировки в транспорте (обеспечение холодной цепи) — зона приемки.
- 2) Приемка товара: учет лицензий Росздравнадзора; мониторинг движения ЛП; мониторинг движения товаров ПКУ — зона приемки.
- 3) Размещение товара на хранение: раздельное размещение продукции разных групп; условия хранения в складских помещениях; (обеспечение холодной цепи); мониторинг срока годности — зона приемки, зона основного хранения.
- 4) Реализация товара из мест хранения: мониторинг остаточного срока годности; учет лицензий Росздравнадзора — зона основного хранения, зона отгрузки.
- 5) Внутренние перемещения товаров:
 - 5.1) Перемещение продукции, для которой остановлено обращение: изоляция серий товара, подлежащих изъятию из оборота — карантинная зона.

- 5.2) Перемещение забракованной продукции: изоляция бракованной продукции — карантинная зона.
- 5.3) Перемещение поврежденной продукции: изоляция продукции с поврежденной упаковкой — карантинная зона.
- 5.4) Перемещение фальсифицированной, контрафактной продукции: изоляция и контроль фальсифицированной продукции — карантинная зона.
- 5.5) Перемещение товаров ПКУ: мониторинг движения товаров ПКУ; охраняемое хранение товаров ПКУ — зона специальных условий хранения.
- 5.6) Перемещение товаров НС и ПВ: охраняемое хранение товаров, содержащих наркотические и/или психотропные вещества — зона специальных условий хранения.
- 5.7) Перемещение огнеопасных и взрывоопасных товаров: условия хранения в складских помещениях — зона специальных условий хранения.

Таким образом, исходя из особенностей организации и управления процессами товародвижения продукции медицинского назначения, как было указано выше, под фармацевтическим складом понимается специально оборудованное помещение, предназначенное для хранения и обработки фармацевтических продуктов, соответствующее следующим основным признакам: поддержание необходимых условий и особого режима для хранения продукции; наличие специального оборудования и технологий, обеспечивающих поддержание условий хранения и дополнительный контроль определенных групп фармацевтической продукции; наличие лицензии для осуществления хранения фармацевтической продукции и соответствующее текущим правовым обстоятельствам.

Разработка имитационной модели внедрения IoT-технологий в складских процессах фармацевтического дистрибьютора. Постановка задачи

В качестве процессов моделирования выбраны два базовых процесса: процесс приемки товаров на склад (представлен в первой части статьи) и процесс мониторинга температуры в помещениях компании (представлен во второй части статьи).

Данные процессы были выбраны для исследования по следующим причинам:

1. Процесс приемки — ключевой процесс, результатом которого являются как принятые товары, так и необходимые данные, заведенные в систему. Корректность выполнения операций в процессе напрямую влияет на корректность данных, размещения товаров, качества приемки в целом. А это, в свою очередь, влияет на последующие процессы: реализация товаров клиенту, внутренние перемещения на складе.

2. Процесс мониторинга температуры в складских процессах — сквозной процесс, который осуществляется независимо от остальных процессов на складе.

Представим элементы концепции внедрения IoT-технологий для последующего моделирования для этих двух базовых процессов:

- датчики, отслеживающие в реальном времени температуру в складских помещениях и подающие сигналы о нарушении температурного режима в систему управления складом;
- датчики температуры в транспортных средствах, позволяющие отслеживать температуру в ТС и принимать решения при приемке (в случае появления критических отклонений);
- RFID-метки, которые при приемке считываются, регистрируются в системе WMS и далее после размещения товаров в ячейках, подают сигналы на считыватели в помещениях.

Внедрение IoT-технологий повлечет за собой изменение самих бизнес-процессов. Процесс мониторинга температурного режима в складских помещениях при внедрении датчиков температуры (модель представлена во второй части статьи), подающих сигналы при отклонениях, довольно серьезно изменит логику процесса (рис. 1).

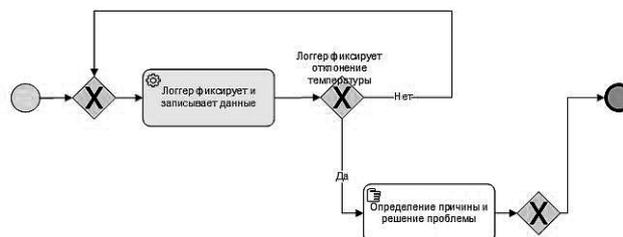


Рис. 1. Целевой процесс мониторинга температурного режима в складских помещениях

Датчик температуры измеряет температуру в помещении с интервалом в 5 секунд. Данные с датчиков передаются в систему WMS в реальном времени. Если логгер фиксирует отклонение от заданного интервала приемлемой t , то он подает сигнал — контролер видит уведомление на своем рабочем месте. Контролер сразу (вероятная задержка 5–15 минут) по получении сигнала идет к логгеру, зафиксировавшему отклонение, и решает проблему: либо настраивает систему кондиционирования для установки приемлемой температуры; либо решает проблему с питанием логгера (логгеры работают на сменных батареях)/заменой логгера при его полной неисправности.

Процесс приемки при внедрении RFID-меток на поступающие товары и датчиков температуры в транспортных средствах структурно не изменяется — теперь начальник приемки не сканирует штрих-код на каждой отдельной коробке, а получает информацию через RFID-считыватель, что значительно сокращает время первичной приемки, а также проверяет данные о температурном режиме в транспортном средстве не «по факту», а за весь путь от поставщика до склада компании.

На рисунке 2 представлена архитектура устройств и приложений, как внедряемых в рамках данной концепции (датчики температуры, RFID-метки), так и ранее существующие (WMS-система), разделенная на четыре слоя:

- Слой устройств: датчики температуры, RFID-метки и считыватели RFID-меток, а также функции, которые они предоставляют: сбор данных с меток и датчиков температуры.
- Технологический слой: кластер серверов, сервер базы данных, а также системы обмена данными на основе протокола.
- Слой приложений: система управления складом WMS и функции, которые она предоставляет для выполнения процессов: хранение и обработка данных, сервис доступа к данным, сервис взаимодействия между пользователями и СУБД.
- Бизнес-слой: представление бизнес-процессов и их исполнителей: процесс приемки товара на склад и процесс мониторинга температуры в складских помещениях.

Таким образом, применительно к объекту исследования, предлагается следующая логика модели реализации IoT-технологий:

1. Поддержание приемлемой температуры в складских помещениях:
 - 1.1. Датчики температуры измеряют температуру в складских помещениях.
 - 1.2. Датчики посылают сообщения, информация поступает на шлюз. Информация поступает на блок обработки и на блок хранения устройств.
 - 1.3. Обработчик правил выполняет действия: сохраняет данные и отправляет в систему аналитики.
 - 1.4. Если температура в помещениях отклоняется от допустимого диапазона, то приложение подает сигнал об отклонении. Далее с подобными отклонениями работает контролер для их устранения.
2. Приемка товара на склад: Местоположение и подлинность упаковки товара, мониторинг срока годности:

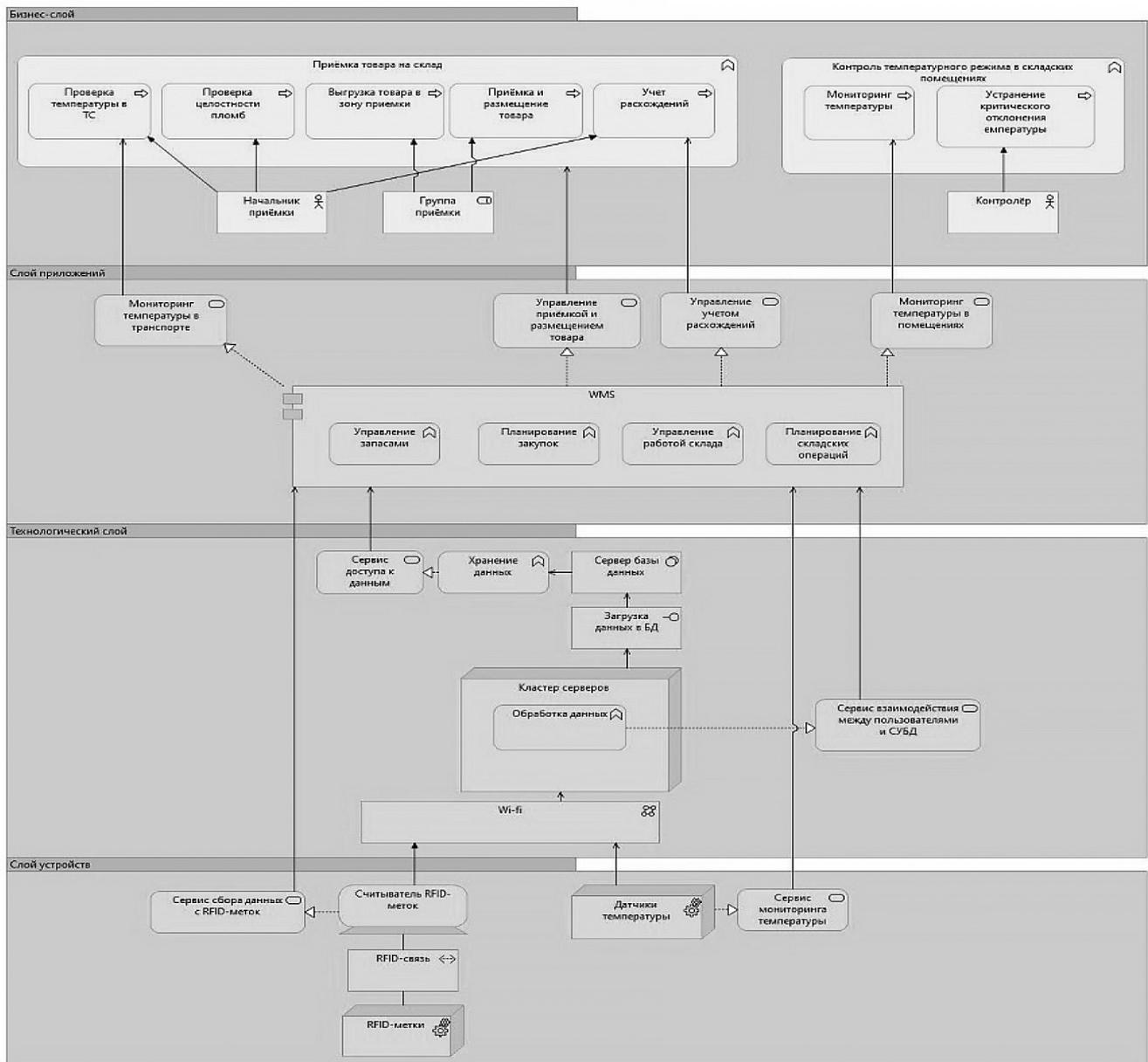


Рис. 2. Архитектура внедряемого решения. Язык моделирования ArchiMate.

2.1. RFID-метки, установленные на каждой коробке и упаковке товара, подают сигнал на считыватель в помещении приемки. Далее после размещения метки будут при необходимости считываться в каждом помещении, что позволит определить точное местоположение нужной упаковки.

2.2. Так как RFID-метки могут хранить данные о дате производства и поступления на склад, данные о партии и серийном номере товара, то эта информация также будет храниться в системе. Более того, хранимые данные на метках позволят анализировать остаточный срок годности и длительность хранения каждого товара, что поможет менеджерам по продажам в принятии решений.

Для проверки и дальнейшей оценки внедряемых решений построена имитационная модель тестирования складских процессов с применением IoT-технологий в виде смоделированных событийных процессов. Модель построена в среде AnyLogic. Цель моделирования состоит в исследовании влияния внедрения IoT-технологий на показатели работы фармацевтического склада.

Построены два процесса: (1) Процесс приемки товара на склад: фактическая модель (как есть), целевая модель (как должно быть); (2) процесс мониторинга температурного режима в помещениях: фактическая модель (как есть); целевая модель (как должно быть). В результате моделирования сравниваются результаты двух моделей — фактической и целевой (с применением IoT-технологий).

В первой части статьи моделируются процессы приемки товаров на фармацевтический склад. Во второй части статьи моделируются процессы контроля температуры в складских процессах.

Задачами и ожидаемыми результатами целевых моделей с применением IoT-технологий являются: минимизация времени, затрачиваемого на устранение критических отклонений температуры в складских помещениях; сокращение времени приемки; предотвращение приемки и дальнейшего движения товара, привезенного в транспортном средстве с неприемлемыми температурными условиями.

Результатирующими показателями в модели, которые могут свидетельствовать об успешном внедрении IoT-технологий на объекте исследования выбраны: Среднее время приемки; Среднее количество зафиксированных критических отклонений температуры в транспортном средстве; Среднее количество зафиксированных критических отклонений в складских помещениях; Среднее отклонение температуры в транспорте; Среднее отклонение температуры в помещениях; Среднее время устранения критических отклонений температуры в складских помещениях.

Результаты. Модель процесса приемки товаров на склад

На верхнем уровне процесс приемки товара на склад изображен на рисунке 3. Язык моделирования ArchiMate.

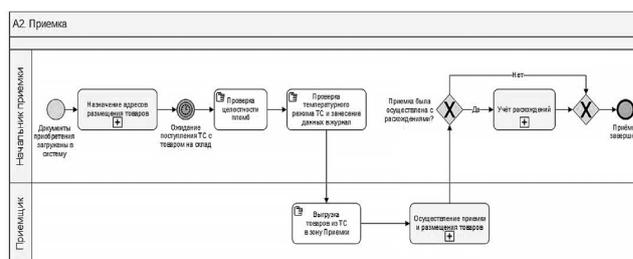


Рис. 3. Процесс приемки товара на склад в компании.

Фактический процесс начинается с прибытия транспортного средства на склад. Начальник приемки проверяет температуру в транспортном средстве и заносит ее в рукописный журнал. Если температура в ТС не соответствует требованиям, товар не принимается и формируется претензия в сторону поставщика. Товар в таком случае перемещается в зону брака, формируется претензия поставщику. Далее начальник приемки проверяет целостность пломб на контейнерах. Команда приемки с помощью штабеллеров выгружает паллеты с товарами из ТС в зону приемки.

После выгрузки из транспорта приемщики сканируют штрих-коды товаров, обрабатывают электронную накладную, назначают товарам адреса в ячейках и печатают этикетки с указанием места хранения. Лекарственные препараты проходят проверку в программе «Честный знак». Если в процессе приемки была обнаружена недостача, брак, излишки, то приемщики отражают это в системе и принимаются размещать товар в выбранные зоны.

В случае обнаружения расхождений накладной с фактическим количеством/качеством товара, иницируется подпроцесс учета расхождений, в котором учитываются расхождения и формируются претензии в адрес поставщика.

В целевой модели есть существенные отличия в первичной приемке товара по прибытии транспортного средства. Начальник приемки через приложение на планшете проверяет наличие критических отклонений от допустимых значений температуры, которые были зафиксированы внутри рефрижераторной секции транспортного средства с периодичностью 1 раз каждые 5 секунд. Если отклонений нет, то приемка продолжается проверкой целостности пломб. Если были зафиксированы отклонения во время пути транспортного средства, тогда приемка останавливается и формируется претензия в адрес поставщика, товар не принимается и не размещается в ячейки на складе.

После проверки целостности пломб на контейнерах и выгрузки товаров из транспортного средства в зону приемки, приемщик выгружает на терминал сбора данных (ТСД) со встроенным RFID-считывателем накладную с перечнем нужного товара. Затем приемщик сканирует RFID-метки (RFID-терминалы обладают дальностью действия до 15 метров и способны распознавать около 900 меток в секунду), а программа сверяет фактическое количество принимаемого товара с накладной и быстро выдает результат.

При размещении товаров действуют общие правила: товар размещается в зону хранения согласно

Таблица 1.

Необходимые параметры для модели процесса приемки

Параметр	Модель КАК ЕСТЬ	Целевая модель
Количество ТС в рабочую смену	От 9 до 12, шт./смена	От 9 до 12, шт./смена
Количество человек, задействованных в процессе в рабочую смену: • 3 начальника приемки • 7 приемщиков • 7 работников склада (размещение)	17 чел.	17 чел.
Время проверки температурного режима в ТС	30-40 мин	5-10 мин
Время проверки целостности пломб	20-40 мин	20-40 мин
Вероятность критичных отклонений температуры в прибывшем ТС	0,002	0,03
Время выгрузки товаров в зону приемки из одного ТС	30-40 мин	30-40 мин
Время приёмки товаров	60-90 мин	5-10 мин
Время назначения адресов размещения	20-30 мин	20-30 мин
Время размещения товаров на складе	90-120 мин	60-90 мин
Время на идентификацию брака	5-10 мин	5-10 мин
Вероятность бракованного товара в одном ТС	0,08	0,08
Время акцепта лекарственных препаратов в системе «Честный знак»	15-30 сек	15-30 сек
Время учета брака	10-20 мин	10-20 мин
Время учета недостат	10-20 мин	10-20 мин
Вероятность недостачи в одном ТС	0,19	0,09
Время формирования претензий	20-30 мин	20-30 мин

Источник: составлено авторами

условиям хранения товара; в одной ячейке необходимо располагать номенклатуру только одной серии.

На следующих этапах процесса фактическая и целевая модели имеют одинаковое поведение.

В модели рассчитывались следующие показатели:

- Среднее отклонение температуры в прибывшем транспорте – среднее отклонение температуры, рассчитывается как зарегистрированная во время проверки температура минус средняя температура.
- Количество отклонений температуры в прибывшем транспорте за период.
- Среднее время приемки за период.

На рисунке 4 отображена имитационная модель процесса приемки на склад в двух вариантах – фактический и целевой сценарии.

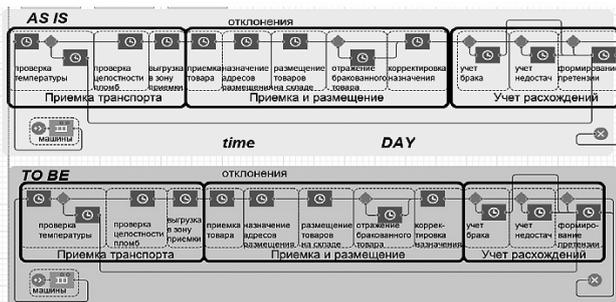


Рис. 4. Имитационная модель осуществления приемки товара на склад — фактическая и целевая схемы (среда AnyLogic)

В процессе моделирования элемент «source» генерирует поток транспортных средств. Элемент «queue» задает очередь для ожидания в случаях, если транспортные средства пришли друг за другом.

В блоке проверки температуры транспортных средств с заданной вероятностью генерируются события критического отклонения температуры. Если отклонение зафиксировано, то ветка уходит в операцию формирования претензии.

Остальные подпроцессы заданы временными задержками с заданными параметрами. Если в процессе приемки обнаружен брак или недостача, или ранее было критическое отклонение температуры, то процесс уходит по ветке учета расхождений. Появление случая бракованного товара выполняется с заданной вероятностью.

Для расчета времени приемки были заданы основные параметры – время выполнения операций и вероятности появления событий – отклонение температуры, брак, недостачи (табл. 1). Вероятности были рассчитаны на основе внутренних эмпирических данных компании за последний год – количество критических отклонений в ТС, количество претензий по причине брака, недостач.

На рисунке 5 показаны результаты, полученные при запуске модели за период 366 дней:

- Среднее отклонение температуры в прибывшем транспорте (фактически) = 2,29.
- Среднее отклонение температуры в прибывшем транспорте (целевое) = 2,04.
- Количество отклонений температуры в прибывшем транспорте за период (фактически) = 12.
- Количество отклонений температуры в прибывшем транспорте за период (целевое) = 15.

- Среднее время приемки за период (фактически) = 324 мин.
- Среднее время приемки за период (целевое) = 222 мин.

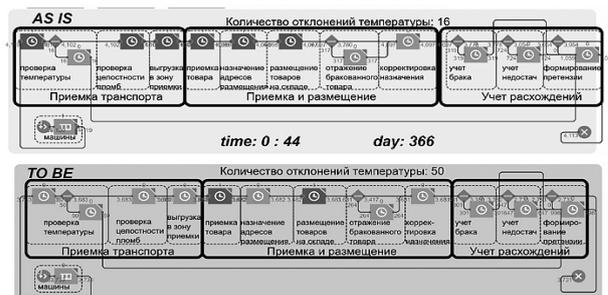


Рис. 5. Результаты моделирования за период в 366 дней (среда AnyLogic)

На рисунках 6 и 7 представлены диаграммы процентного и абсолютного распределения времени по трем блокам процессов: приемка транспорта, приемка и размещение товара на склад и учет расхождений.

В целевой модели процесса приемки распределение структурно осталось тем же: больше времени тратится на приемку и размещение товара (61% от общего времени), чуть меньше — на приемку транспорта (34%), меньше всего — учет расхождений (5%).

Приемка транспорта в целевой модели проходит быстрее на 41,51 процент — причинами является как сокращение времени на сверку температуры, так и увеличившаяся вероятность того, что критическое отклонение температуры будет идентифицировано — датчики фиксируют температуру на всем пути транспортного средства.

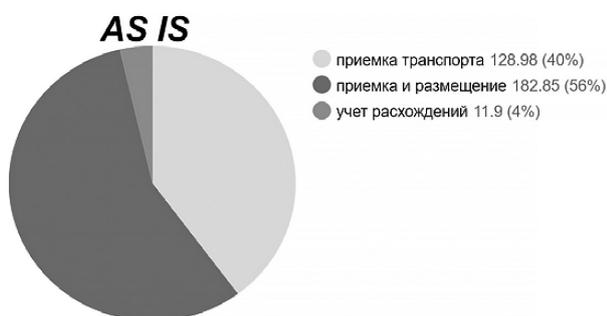


Рис. 6 Распределение времени по блокам (фактическая модель)

Подпроцесс приемки и размещения товаров на склад стал быстрее на 25,93%. Причиной является сокращение времени на штрихкодирование принимаемых упаковок товара — теперь это выполняется автоматически считывателем RFID-меток без необходимости считывать каждую метку по-отдельности. Подпроцесс учета расхождений сократился во времени на 1,34% — это можно списать на погрешность.

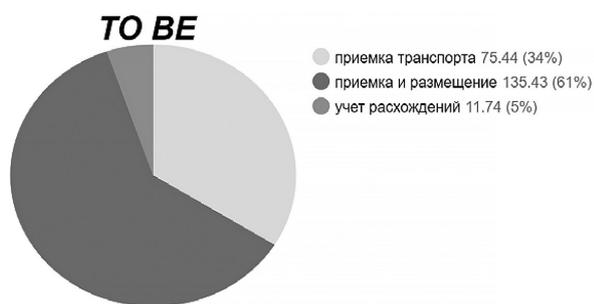


Рис. 7. Распределение времени по блокам (целевая модель)

В таблице 2 приведены показатели, которые были получены в результате имитационного моделирования двух процессов, и их сравнение.

По результатам имитационного моделирования сильнее всего внедрение IoT-технологий повлияло на время устранения критических отклонений температуры в складских помещениях. Если сравнивать фиктивное время устранения в исходной модели с фактическим временем в целевой модели, то результаты

Таблица 2.

Сравнение результирующих показателей в фактической и целевой моделях

Показатель	Модель КАК ЕСТЬ	Целевая модель	Эффект
Среднее время приемки, мин.	324	222	31,48%
Количество зафиксированных критических отклонений температуры в транспортном средстве, шт.	16	50	- 68%
Количество зафиксированных критических отклонений температуры в помещениях, шт.	12	15	- 20%
Среднее отклонение температуры в транспорте, °С.	2,29	2,04	10,92%
Среднее отклонение температуры в помещениях, °С.	3,14	3,25	- 3,5%
<i>Среднее время устранения критических отклонений температуры в помещениях, мин.</i>			
Фактическое	674,4	41	93,92%
Фиктивное	42		2,38%

Источник: составлено авторами

кажутся не очень впечатляющими — отклонение устраняется на 2,38% быстрее. Но корректнее сравнивать фактическое время двух моделей, так как в исходной модели именно это время было рассчитано исходя из возможных вероятностей появления отклонений температуры в помещениях, которые могут возникать в период времени, когда обход не осуществляется. В таком случае целевая модель предлагает сокращение среднего времени решения проблемы с температурным режимом на 93,92%.

Время приемки одного транспортного средства — оно сократилось на 31,48% при равном количестве задействованного персонала. Это значит, что есть возможность сократить число занятых сотрудников в данном процессе без ущерба для самого процесса.

Показатели среднего отклонения температуры в транспорте, в складских помещениях показали нерепрезентативные результаты — среднее отклонение температуры в транспорте уменьшилось на 10,92%, а вот среднее отклонение в складских помещениях увеличилось на 3,5%.

Количество зафиксированных критических отклонений в транспорте и помещениях в целевой модели увеличилось, но это связано с тем, что число измерений температуры с помощью температурных датчиков в сутки увеличилось, а это увеличило вероятность обнаружить такое отклонение. В данном случае это можно считать положительным результатом — модель показывает, что все происходящие отклонения фиксируются, что, в свою очередь, делает возможным устранять каждое из них с минимизированным временем задержки и простоя.

Таким образом, в результате имитационного моделирования было выявлено, что IoT-технологии влияют на процессы, вынуждая изменять процедуры выполнения операций, что, в свою очередь, делает складские процессы не такими массивными, сокращая время их выполнения.

Заключение и обсуждение

Выделим основные ограничения и возможные базовые риски модели, потенциальные возможности предлагаемой модели: трудность совместимости устройств; обеспечение устройств энергией; большое количество устройств и обработка больших объемов данных; конфиденциальность и безопасность.

На рисунке 8 изображена причинно-следственная диаграмма рисков предложенной модели. Укрупненно выделены риски производительности системы и ее безопасности.

Производительность системы как совокупности элементов (устройств, оборудования, систем) и связей между ними может снижаться из-за низкой производительности датчиков и устройств. Низкая производительность может быть спровоцирована ограниченным энергоснабжением. Например, если использовать активные, а не пассивные RFID-метки, то может возникнуть зависимость от ограниченного времени службы независимого источника питания и необходимости его замены. [30]

Также на производительность всей системы IoT в целом может влиять медленная обработка данных, а также прерывание сети, с помощью которой устройства передают данные в ИС. Такие риски возникают из-за большого объема передаваемых данных в реальном времени, что является следствием внедрения большого количества датчиков.

Уязвимость безопасности и конфиденциальности системы вызвана низкой совместимостью устройств, которые зачастую производятся разными производи-

телями. Первый международный стандарт «Internet of Things (IoT) – Compatibility requirements and model for devices within Industrial IoT systems» [31] по промышленному Интернету вещей утвержден лишь в феврале 2022 года и это пока единственный документ, который определяет общие требования к совместимости для устройств и сетей в системах IIoT с точки зрения: взаимодействия протоколов передачи данных; взаимодействия и управления распределенными данными; структуры взаимодействия; лучших практик и рекомендаций по использованию в области IIoT.

Возможен риск потери, случайного или умышленного изменения данных, передаваемых или хранимых на устройствах. Например, данные, записанные на RFID-метках, могут быть изменены или удалены неавторизованным устройством. Для предотвращения таких ситуаций, можно использовать метки только для чтения, а не для редактирования.

В решении проблемы конфиденциальности может помочь шифрование при обмене данными между считывателем и меткой для защиты от копирования данных, клонирования и взлома.

Говоря о возможностях и потенциале выбранной модели, можно воспользоваться инструментом качественного анализа – Balanced ScoreCard (BSC), или Система Сбалансированных показателей (ССП). Концепция CCP включает в себя четыре направления оценки эффективности, отвечающие на самые значимые для успешной деятельности компании вопросы:

- Финансы («каково представление о компании у акционеров и инвесторов?»).
- Клиенты («какой компанию видят покупатели ее продуктов?»).
- Бизнес-процессы («какие бизнес-процессы требуют оптимизации, на каких организации стоит сосредоточиться, от каких отказаться?»).
- Обучение и рост («какие возможности существуют для роста и развития компании?»).



Рис. 8. Диаграмма Исикавы возможных базовых рисков модели

В рамках направления обучения и развития предлагаемая модель предполагает возможности снижения затрат на сбор, анализ и обработку данных благодаря автоматизированной системе сбора данных с температурных датчиков и RFID-меток. Внедрение подобных технологий само по себе потребует обучения сотрудников, которое привнесет понимание принципов работы новой модели и в дальнейшем сократит ошибки при выполнении работы.

Результаты исследования показали, что предлагаемая модель работы с критическими отклонениями показывает очень хорошие результаты — на 2,38% быстрее при сравнении фактического времени в целевой модели и «фиктивного» в существующей модели, и на 93,92% быстрее, если говорить о сравнении фактического времени, которое рассчитывалось в существующей модели по вероятности возникновения критических отклонений вне времени осуществления обхода и проверки температурного режима в помещениях.

Что касается сокращения ошибок при движении товара и его хранении, то это влияет и на продуктивность использования складского пространства, и на минимизацию количества испорченных, потерянных товаров, а также минимизацию ошибок при отгрузке товаров клиенту (недостачи, излишки, брак) — это стратегически важно для снижения количества возвратов и претензий от клиента.

В рамках направления клиентов предлагаемая модель влияет на лояльность клиентов: повышение производительности труда и минимизация ошибок с товаром напрямую влияет на количество возвратов и претензий, а также на долю «возвращения» клиента. Все это, в свою очередь, сводится к направлению финансов. Улучшенные процессы, уменьшение доли ошибок, потерь, порчи товаров, увеличение доли повторных заказов отражается на затратах на хранение и приемку, на обработку претензий и возвратов, на списание порчи и потери товаров.

Список использованных источников

1. Sinicova Ja. S., Didenko N. I. [Analysis of the Russian Pharmaceutical Market Potential]. V sbornike: Nedelja nauki SPbPU. Materialy nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Institut promyshlennogo menedzhmenta, jekonomiki i torgovti. V 3-h chastjah. [SPbPU Science Week. Materials of the scientific conference with international participation]. Saint-Petersburg, 2019. pp. 474–476. (In Russian)
2. Schuhmacher A., Gatto A., Kuss M., Gassmann O., Hinder M. Big Techs and startups in pharmaceutical R&D — A 2020 perspective on artificial intelligence. 2021. Available at: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33965571/> (accessed 02.06.2022).
3. Medicines include pharmaceutical substances and medicines. Medicinal product, drug product, medicament, medicine, pharmaceutical product — a substance or mixture of substances of synthetic or natural origin in the form of a dosage form used for the prevention, diagnosis and treatment of diseases. [Federal Law No. 61-FZ of April 12, 2010 (as amended on July 14, 2022) "On the Circulation of Medicines"]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99350/baabe5b69a3c031bfb8d485891bf8077d6809a94/. (In Russ.)
4. Plotnikov F. V. Medico-pharmaceutical cluster as a tool for the development of innovations. Vestnik farmacii. [Bulletin of Pharmacy], 2019. no. 3 (85). pp. 51–56 (in Russian).
5. Hramov A. V., Danilov R. A. Logistic process in the warehouse and the basics of its modeling. Vestnik molodyh uchenyh Samarskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta. [Bulletin of young scientists of the Samara State University of Economics], 2017, no. 1 (35), pp. 172–174. (in Russian).
6. Sokolov B. I., Lin A. A., Orlov A. S. Pharmaceutical market: structural features in Russia. Problemy sovremennoj jekonomiki. [Problems of the modern economy], 2012, no 4 (44), pp. 336–341. (in Russian)
7. Boysen N., de Koster R., Füßler D. The forgotten sons: Warehousing systems for brick-and-mortar retail chains. European Journal of Operational Research. Volume 288, Issue 2, 16 January 2021, pp. 361–381. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.04.058>
8. Pesegova S. A. Status and prospects for the development of the pharmaceutical industry in the region on the example of the Republic of Khakassia. Infrastrukturnye otrasli jekonomiki: problemy i perspektivy razvitiya. [Infrastructural branches of the economy: problems and development prospects], 2013, № 1, pp. 52–56. (in Russian).
9. Kumar A., Zavadskas E. K., Mangla S. K., Agrawal V., Sharma K., Gupta D. When risks need attention: adoption of green supply chain initiatives in the pharmaceutical industry. International Journal of Production Research. Volume 57, 2019. Issue 11, <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2018.1543969>
10. Milanesi M., Runfola A., Guercini S. Pharmaceutical industry riding the wave of sustainability: Review and opportunities for future research. Journal of Cleaner Production. Volume 261, 10 July 2020, 121204. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121204>
11. Arslan M. Application of AHP method for the selection of pharmaceutical warehouse location. Ankara Univ. Vet. Fak. Derg., 44 (2020), pp. 253–264, 10.33483/JFPAU.709528
12. Erdogan M., Ayyildiz E. Investigation of the pharmaceutical warehouse locations under COVID-19— A case study for Duzce, Turkey. Engineering Applications of Artificial Intelligence. Volume 116, November 2022, 105389. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105389>
13. Explanations to the commodity nomenclature of foreign economic activity of the Russian Federation (TN VED RUSSIA)" (approved by the State Customs Committee of the Russian Federation) (Volume II, section VI, groups 30–34). Available at: <https://zakonbase.ru/content/part/290153>. (In Russ.)
14. Barkova N. Ju., Zherega D. D., Popova E. A., Logachjova V. P. Application of the Internet of things in the supply chains of the pharmaceutical industry. Vestnik universiteta, [Bulletin of the University], 2019, no 9, pp. 68–74. DOI10.26425/1816–4277–2019–9–68–74. (in Russian).
15. Pharmaceutical logistics. FinCont, training center, June 15–16, 2022. Available at: <https://www.e-xecutive.ru/events/94110-farmatsevticheskaya-logistika>. (In Russ.)
16. Al'asas Basel' Mihail. A suggested developed model for quality losses estimation. Innovacii [Innovation], 2018, no. 5, p. 109. (in Russian)
17. Makov A. Ju. Implementation of the open innovation concept as a source of competitive advantages for pharmaceutical companies. Innovacii [Innovation], 2011, no. 3, pp. 85–89. (in Russian).
18. Karimova A. A., Kortov S. V., Shul'gin D. B. The method for comparative analysis of innovation and technological characteristics of pharmaceutical products. Innovacii [Innovation], 2021, no. 2, pp. 69–77. (in Russian).
19. Detter G. F., Tукkel' I. L. "Smart" digitalization of local innovation ecosystems in the Arctic zone of the Russian Federation. Innovacii [Innovation], 2018, no. 11 (241), pp. 30–35. (in Russian).
20. Morath B., Sauer S., Zaradzki M., Wagner A. H. Orodispersible films — Recent developments and new applications in drug delivery and therapy. Biochemical Pharmacology. Volume 200, June 2022, 115036. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2022.115036>.
21. Federal Law No. 61-FZ of April 12, 2010 (as amended on July 14, 2022) "On the Circulation of Medicines". Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99350/baabe5b69a3c031bfb8d485891bf8077d6809a94/. (In Russ.)
22. Le Zhao, Qiongfeng Yu, Ming Li, Yali Liu. A review of the innovative application of phase change materials to cold-chain logistics for agricultural product storage. Journal of Molecular Liquids. Volume 365, 1 November 2022, 120088. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.120088>
23. Tezina N. N. Review of the legal regulation of the FGIS MDLP project. Vrach i informacionnye tehnologii [Doctor and information technologies], 2020, no. S1, pp. 39–42. (in Russian).
24. Vinokurov M. V. The use of modern technologies in the fight against the circulation of falsified drugs. Kriminologicheskie chtenija [Criminological readings], 2021, pp. 175–180. (in Russian).
25. The procedure for the work of pharmacy organizations (pharmacies, pharmacy points, pharmacy kiosks) and individual entrepreneurs engaged in pharmaceutical activities with labeled drugs. Chestnyznak.rf — Electron. text data. — 2020 Available at: <https://xn--80ajghoc2aj1c8b.xn--p1ai/upload/Порядок%20работы%20c%20маркированными%20ЛП%20v%20АОИП.pdf> (In Russ.)
26. Jakovleva K. N., Fomin A. V. Drugs subject to quantitative accounting. Molodezh', nauka, medicina [Youth, science, medicine], 2022, pp. 203–203. (in Russian).
27. Bochkova S. S. Legal regulation of offensing activities for the production of medicines and pharmaceutical activities. Legal Bulletin., 2020, V. 5., no. 3, pp. 45–50. (in Russian).
28. Federal Law No. 61-FZ of April 12, 2010 (as amended on July 14, 2022) "On the Circulation of Medicines". Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99350/baabe5b69a3c031bfb8d485891bf8077d6809a94/ (in Russian).
29. Chupandina, E. E., Glembockaja G. T. Organizacija farmaceuticheskoj dejatel'nosti: uchebnik dlja vuzov [Organization of pharmaceutical activities: a textbook for universities]. Voronezh, 2019, 235 p.

30. Samojlov D. V. i dr. [Optimization of warehouse logistics processes at the enterprise by simulation modeling], Desjataja vserossijskaja nauchno-praktičeskaja konferencija po imitacionnomu modelirovaniju i ego primeneniju v nauke i promyšlennosti «Imitacionnoe modelirovanie. Teorija i praktika» (IMMOD-2021) [Tenth All-Russian scientific and practical conference on simulation modeling and its application in science and industry "Simulation modeling. Theory and Practice"], 2021, pp. 371–376. (in Russian).
31. Charalampidis P., Makrogiannakis A., Karamolegkos N., Fragkiadakis A. A flexible Compilation-as-a-Service and Remote-Programming-as-a-Service platform for IoT devices. *Internet of Things*. Volume 20, November 2022, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100617>

References

1. Sinicova Ja. S., Didenko N. I. [Analysis of the Russian Pharmaceutical Market Potential]. V sbornike: Nedelja nauki SPbPU. Materialy nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Institut promyšlennogo menedzhmenta, jekonomiki i torgovli. V 3-h chastjah. [SPbPU Science Week. Materials of the scientific conference with international participation]. Saint-Petersburg, 2019. pp. 474–476. (In Russian)
2. Schuhmacher A., Gatto A., Kuss M., Gassmann O., Hinder M. Big Techs and startups in pharmaceutical R&D — A 2020 perspective on artificial intelligence. 2021. Available at: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33965571/> (accessed 02.06.2022).
3. Medicines include pharmaceutical substances and medicines. Medicinal product, drug product, medicament, medicine, pharmaceutical product — a substance or mixture of substances of synthetic or natural origin in the form of a dosage form used for the prevention, diagnosis and treatment of diseases. [Federal Law No. 61-FZ of April 12, 2010 (as amended on July 14, 2022) «On the Circulation of Medicines»]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99350/baabe5b69a3c031bfb8d485891bf8077d6809a94/. (In Russ.)
4. Plotnikov F. V. Medico-pharmaceutical cluster as a tool for the development of innovations. *Vestnik farmacii*. [Bulletin of Pharmacy], 2019. no. 3 (85). pp. 51–56 (in Russian).
5. Hramov A. V., Danilov R. A. Logistic process in the warehouse and the basics of its modeling. *Vestnik molodyh uchenyh Samarskogo gosudarstvennogo jekonomičeskogo universiteta*. [Bulletin of young scientists of the Samara State University of Economics], 2017, no. 1 (35). pp. 172–174. (in Russian).
6. Sokolov B. I., Lin A. A., Orlov A. S. Pharmaceutical market: structural features in Russia. *Problemy sovremennoj jekonomiki*. [Problems of the modern economy], 2012, no. 4 (44), pp. 336–341. (in Russian)
7. Boysen N., de Koster R., Füßler D. The forgotten sons: Warehousing systems for brick-and-mortar retail chains. *European Journal of Operational Research*. Volume 288, Issue 2, 16 January 2021, pp. 361–381. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.04.058>
8. Pesegova S. A. Status and prospects for the development of the pharmaceutical industry in the region on the example of the Republic of Khakassia. *Infrastrukturnye otrasli jekonomiki: problemy i perspektivy razvitiija*. [Infrastructural branches of the economy: problems and development prospects], 2013, № 1, pp. 52–56. (in Russian).
9. Kumar A., Zavadskas E. K., Mangla S. K., Agrawal V., Sharma K., Gupta D. When risks need attention: adoption of green supply chain initiatives in the pharmaceutical industry. *International Journal of Production Research*. Volume 57, 2019. Issue 11, <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2018.1543969>
10. Milanesi M., Runfola A., Guercini S. Pharmaceutical industry riding the wave of sustainability: Review and opportunities for future research. *Journal of Cleaner Production*. Volume 261, 10 July 2020, 121204. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121204>
11. Arslan M. Application of AHP method for the selection of pharmaceutical warehouse location. *Ankara Univ. Vet. Fak. Derg.*, 44 (2020), pp. 253–264, 10.33483/JFPAU.709528
12. Erdogan M., Ayyildiz E. Investigation of the pharmaceutical warehouse locations under COVID-19— A case study for Duzce, Turkey. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Volume 116, November 2022, 105389. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105389>.
13. Explanations to the commodity nomenclature of foreign economic activity of the Russian Federation (TN VED RUSSIA)» (approved by the State Customs Committee of the Russian Federation) (Volume II, section VI, groups 30–34). Available at: <https://zakonbase.ru/content/part/290153>. (In Russ.)
14. Barkova N. Ju., Zheregina D. D., Popova E. A., Logachjova V. P. Application of the Internet of things in the supply chains of the pharmaceutical industry. *Vestnik universiteta*, [Bulletin of the University], 2019, no. 9, pp. 68–74. DOI10.26425/1816-4277-2019-9-68-74. (in Russian).
15. Pharmaceutical logistics. FinCont training center, June 15–16, 2022. Available at: <https://www.e-xecutive.ru/events/94110-farmatsevtičeskaja-logistika>. (In Russ.)
16. Al'asas Basef Mihail. A suggested developed model for quality losses estimation. *Innovacii* [Innovation], 2018. no. 5, p. 109. (in Russian)
17. Makov A. Ju. Implementation of the open innovation concept as a source of competitive advantages for pharmaceutical companies. *Innovacii* [Innovation], 2011, no. 3, pp. 85–89. (in Russian).
18. Karimova A. A., Kortov S. V., Shulgin D. B. The method for comparative analysis of innovation and technological characteristics of pharmaceutical products. *Innovacii* [Innovation], 2021, no. 2, pp. 69–77. (in Russian).
19. Detter G. F., Tukkel' I. L. «Smart» digitalization of local innovation ecosystems in the Arctic zone of the Russian Federation. *Innovacii* [Innovation], 2018, no. 11 (241), pp. 30–35. (in Russian).
20. Morath B., Sauer S., Zaradzki M., Wagner A. H. Orodispersible films — Recent developments and new applications in drug delivery and therapy. *Biochemical Pharmacology*. Volume 200, June 2022, 115036. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2022.115036>.
21. Federal Law No. 61-FZ of April 12, 2010 (as amended on July 14, 2022) «On the Circulation of Medicines». Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99350/baabe5b69a3c031bfb8d485891bf8077d6809a94/. (In Russ.)
22. Le Zhao, Qiongfeng Yu, Ming Li, Yali Liu. A review of the innovative application of phase change materials to cold-chain logistics for agricultural product storage. *Journal of Molecular Liquids*. Volume 365, 1 November 2022, 120088. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.120088>
23. Tezina N. N. Review of the legal regulation of the FGIS MDLP project. *Vrach i informacionnye tehnologii* [Doctor and information technologies], 2020, no. S1, pp. 39–42. (in Russian).
24. Vinokurov M. V. The use of modern technologies in the fight against the circulation of falsified drugs. *Kriminologičeskie čtenija* [Criminological readings], 2021, pp. 175–180. (in Russian).
25. The procedure for the work of pharmacy organizations (pharmacies, pharmacy points, pharmacy kiosks) and individual entrepreneurs engaged in pharmaceutical activities with labeled drugs. *Chestnyznak.rf* — Electron. text data. — 2020 Available at: <https://xn—80ajghhoc2aj1c8b.xn—p1ai/upload/Порядок%20работы%20с%20маркированными%20ЛП%20в%20АОИП.pdf> (In Russ.)
26. Jakovleva K. N., Fomin A. V. Drugs subject to quantitative accounting. *Molodezh', nauka, medicina* [Youth, science, medicine], 2022, pp. 203–203. (in Russian).
27. Bochkova S. S. Legal regulation of licensing activities for the production of medicines and pharmaceutical activities. *Legal Bulletin.*, 2020, V. 5., no. 3, pp. 45–50. (in Russian).
28. Federal Law No. 61-FZ of April 12, 2010 (as amended on July 14, 2022) «On the Circulation of Medicines». Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99350/baabe5b69a3c031bfb8d485891bf8077d6809a94/ (in Russian).
29. Chupandina, E. E., Glembockaja G. T. Organizacija farmacevtičeskoj dejatel'nosti: uchebnik dlja vuzov [Organization of pharmaceutical activities: a textbook for universities]. Voronezh, 2019, 235 p.
30. Samojlov D. V. i dr. [Optimization of warehouse logistics processes at the enterprise by simulation modeling], Desjataja vserossijskaja nauchno-praktičeskaja konferencija po imitacionnomu modelirovaniju i ego primeneniju v nauke i promyšlennosti «Imitacionnoe modelirovanie. Teorija i praktika» (IMMOD-2021) [Tenth All-Russian scientific and practical conference on simulation modeling and its application in science and industry "Simulation modeling. Theory and Practice"], 2021, pp. 371–376. (in Russian).
31. Charalampidis P., Makrogiannakis A., Karamolegkos N., Fragkiadakis A. A flexible Compilation-as-a-Service and Remote-Programming-as-a-Service platform for IoT devices. *Internet of Things*. Volume 20, November 2022, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100617>