

# Раздел 1 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 656.2:656.6

DOI: 10.34046/aumsuomt91/1

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В РАБОТЕ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА

*Е.И. Антонова, кандидат технических наук, доцент*

*И.А. Васильев, соискатель*

*Статья обращается к проблемам оперативного планирования на контейнерном терминале. Автор определяет основные задачи, требующие решения при планировании грузовых работ на терминале. Сформулированы задачи планирования выгрузки и погрузки контейнеров на железную дорогу, метод размещения железнодорожных вагонов по подъездным путям контейнерного терминала. В статье описана архитектура информационной системы, автоматизирующей процессы планирования грузовых работ, приведены результаты экспериментальных исследований данной системы при планировании работ по погрузке и выгрузке контейнеров с железной дороги.*

**Ключевые слова:** транспорт, системы управления контейнерным терминалом, автоматизация планирования.

*The article covered problem of container terminal railway operating planning. Authors defined main tasks which should be solved in domain and methods to handle the tasks. Task of forming a container set for shipment on a railway car, placing railway cars on the sidings of a container terminal, dislocation of a large number of high-capacity containers unloaded from the cars are declared. The article described the architecture of automated planning system for container terminal railways. Authors provided detailed description of experimental research of software for planning process optimization on container terminal railways.*

**Keywords:** transport; container terminal management systems; automated planning

Транспортная система имеет большое значение в экономике Российской Федерации (РФ). Одним из ключевых направлений транспортировки грузов являются контейнерные грузоперевозки. В 2015 году Владивосток получил статус свободного порта – портовая зона, пользующаяся особыми режимами таможенного, налогового, инвестиционного и смежного регулирования. В связи с этим регион ожидает интенсивное развитие экономики, строительства, производства. Подъем экономики будет требовать новые возможности от транспортной отрасли. По мнению ведущих экспертов отрасли, в течение следующих 10 лет объемы перевозок могут увеличиться в 2-2,5 раза [1]. Контейнерные перевозки являются именно тем видом грузоперевозок, который сможет предоставить возможности для этого роста.

Главными транспортными узлами в цепи организации перевозок контейнеров являются контейнерные терминалы. Успешность развития контейнерного терминала и его перевалочных возможностей определяется эффективностью управления и грамотной организацией деятельно-

сти, а также оперативным контролем ее осуществления.

На сегодняшний день существует несколько автоматизированных систем управления контейнерными терминалами [2, 3]. Некоторые из этих систем имеют модули для автоматизации перегрузочных процессов [4]. В виду большого объема информации и количества различных факторов, которые влияют на ход погрузочно-разгрузочных работ, организация погрузки и выгрузки контейнеров зачастую неоптимальна, а сами грузовые работы происходят со сбоями, остановками или накладками. При обзоре возможностей существующих систем управления транспортным процессом, в частности, связанных с оптимизацией времени обработки контейнеров и повышением качества планирования грузовых операций, не было найдено разработок, которые позволяют в полной мере использовать возможности контейнерного терминала по обработке контейнеров. [5, 6] Поэтому актуальной является разработка новых методов описания перегрузочных процессов при организации грузовых работ на контейнерном терминале, кото-

рые позволят автоматизировать и повысить качество планирования грузовых процессов, сократить время обработки контейнеров и уменьшить пробег погрузочной техники по терминалу.

В результате анализа предметной области «Перегрузочные процессы в организации грузовых работ на морском контейнерном терминале» была построена ее концептуальная модель. Для формального описания модели предметной области использован язык прикладной логики (ЯПЛ). ЯПЛ – язык, логический язык, основанный на

языке исчисления предикатов (Первоначально язык был описан в работах А.С. Клещева и И.Л. Артемьевой).

Объекты предметной области «Перегрузочные процессы в организации грузовых работ на морском контейнерном терминале» классифицированы на 3 категории: информация о контейнерах, секциях хранения и грузовом транспорте. Структура разработанной модели представлена на рисунке 1.

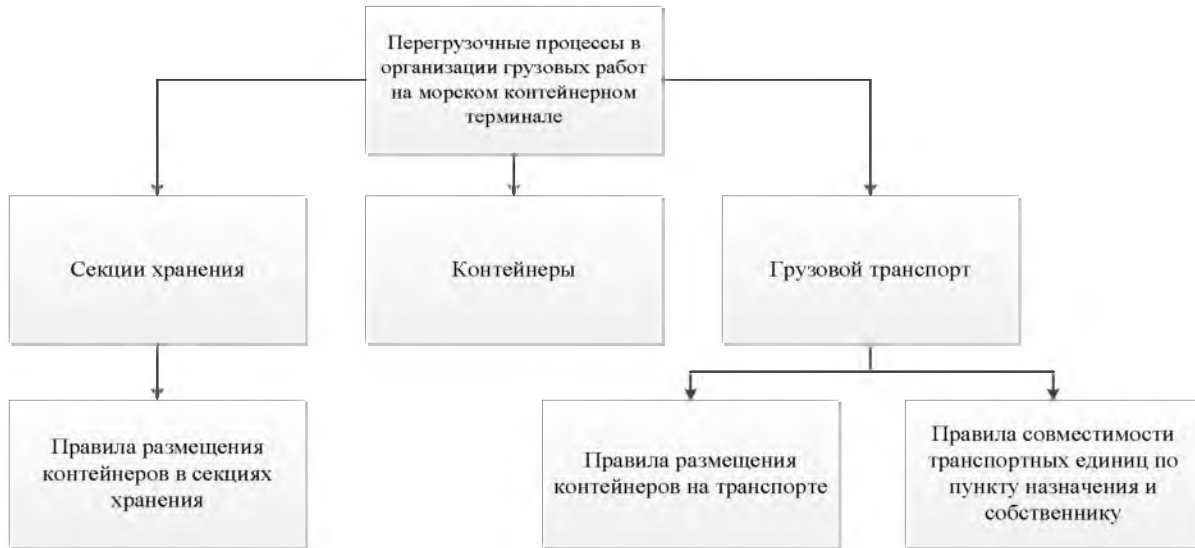


Рисунок 1 – Структура модели предметной области

Разработанная модель позволяет сотрудникам контейнерного терминала самостоятельно описывать правила, используемые в процессе выгрузки и отгрузки контейнеров на грузовой транспорт [7].

Основными процессами в предметной области «Перегрузочные процессы в организации грузовых работ на морском контейнерном терминале» являются [8]:

- распределение грузового транспорта по грузовым фронтам контейнерного терминала;
- планирование адресов хранения на складе контейнерного терминала для контейнеров, которые выгружаются с грузового транспорта;
- распределение контейнеров, предназначенных для отгрузки, по транспортным единицам.

При выполнении работ в рамках перечисленных процессов сотрудникам контейнерного терминала приходится обрабатывать большие объемы различной информации, а именно список транспортных единиц, ожидаемых к прибытию, списки контейнеров, запланированных на выгрузку и погрузку, правила размещения контейнеров в секциях хранения, правила размещения контейнеров на грузовом транспорте. Поток обрабатываемых данных изображены на рисунке 2.

Критерий эффективности оптимизации рассматриваемого производственного процесса – уменьшение суммарного расстояния по перемещению контейнеров.

Эти процессы связаны друг с другом по времени и результатам их выполнения. В зависимости от того какие контейнеры выгружены с грузового транспорта, определяется возможность погрузки других контейнеров. Местоположение транспорта на фронте определяет трудоемкость последующих выгрузки и погрузки контейнеров.

Качество результата проведения этих работ может быть оценено как время на транспортировку контейнеров от секции хранения до транспортной единицы в случае отгрузки и наоборот от транспортной единицы до секции хранения в случае выгрузки контейнера. Время транспортировки оказывает решающее влияние на весь грузовой процесс на грузовом фронте контейнерного терминала. Чтобы уменьшить время транспортировки, необходимо уменьшить расстояние, преодолеваемое погрузочной техникой. Поэтому уменьшение суммарного расстояния по перемещению контейнеров можно обозначить главной целью оптимизации рассматриваемого производственного процесса.

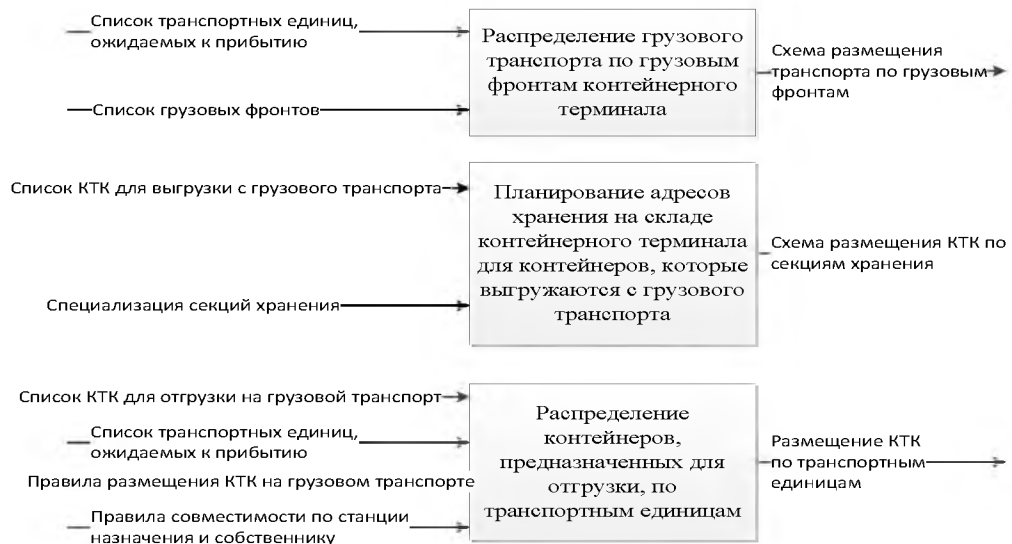


Рисунок 2 – Диаграмма потоков данных в предметной области «Перегрузочные процессы в организации грузовых работ на морском контейнерном терминале»

С использованием разработанной модели сформулирована концепция программного комплекса, реализующего вышеописанные модели и методы. На рисунке 3 представлена архитектурно-контекстная диаграмма системы. Программный комплекс состоит из подсистем ввода и вывода информации, подсистем формирования планов отгрузки и выгрузки контейнеров и расстановки грузового транспорта по грузовым фронтам контейнерного терминала совместно с соответствующими редакторами знаний и подсистемы поиска оптимального решения [9].

Исходная информация вводится в стандартном формате XML. Благодаря этому, подсистема ввода оперативной информации может быть сопряжена с существующей системой управления контейнерным терминалом для автоматизированного ввода начальных данных.

Программный комплекс содержит 2 редактора знаний: первый позволяет описывать правила размещения контейнеров на грузовом транспорте, второй – правила размещения контейнеров в складских секциях хранения. Эта информация вводится в систему ответственными исполнителями: технологом по перевозкам и начальником склада соответственно. Подсистема поиска оптимального решения использует результаты работы подсистем, вычисляющих возможные варианты формирования планов погрузки и выгрузки, и определяет наилучший вариант размещения вагонов по подъездным путям.

Вывод результатов работы программного комплекса выполнен в виде структуры данных в формате XML. Это позволяет использовать результаты работы комплекса в составе существующей системы управления контейнерным терминалом.

Для исследования эффективности применения разработанного программного средства

были выполнены эксперименты. Критерием эффективности является уменьшение суммарного расстояния по перемещению контейнеров в процессах выгрузки и погрузки контейнеров. Целью проведения эксперимента является проверка факта, что при применении разработанных методов суммарное расстояние по перемещению контейнеров уменьшится по сравнению с исходным. Исходные данные для ситуаций, описанных в экспериментах, взяты из статистических данных в информационной системе контейнерного терминала. В описании результатов экспериментов представлено сравнение исходного и смоделированного размещения с указанием произведенных изменений, оптимизирующих грузовые процессы, рассматриваемые в эксперименте [10].

Проведенные эксперименты организованы в группы согласно основным процессам, определенным в предметной области: выгрузка, погрузка и совместная выгрузка/погрузка. В каждой группе экспериментов было поставлено несколько экспериментов с разным количеством контейнеров и вагонов. В группе «Выгрузка» было выполнено 2 эксперимента: выгрузка 10 контейнеров из 7 вагонов и выгрузка 6 контейнеров из 5 вагонов. В группе «Погрузка» было выполнено 2 эксперимента: погрузка 11 контейнеров на 5 вагонов и погрузка 19 контейнеров на 9 вагонов. В группе «Совместная погрузка/выгрузка» был проведен один эксперимент по выгрузке 10 и погрузке 13 контейнеров на 6 вагонов. Степень эффективности применения методов в экспериментах представлена на рисунке 4, отражающем относительное изменение значения общего расстояния по перемещению контейнеров. Эксперименты из группы выгрузка отражены слева, погрузка – справа, совместная выгрузка/погрузка – внизу.

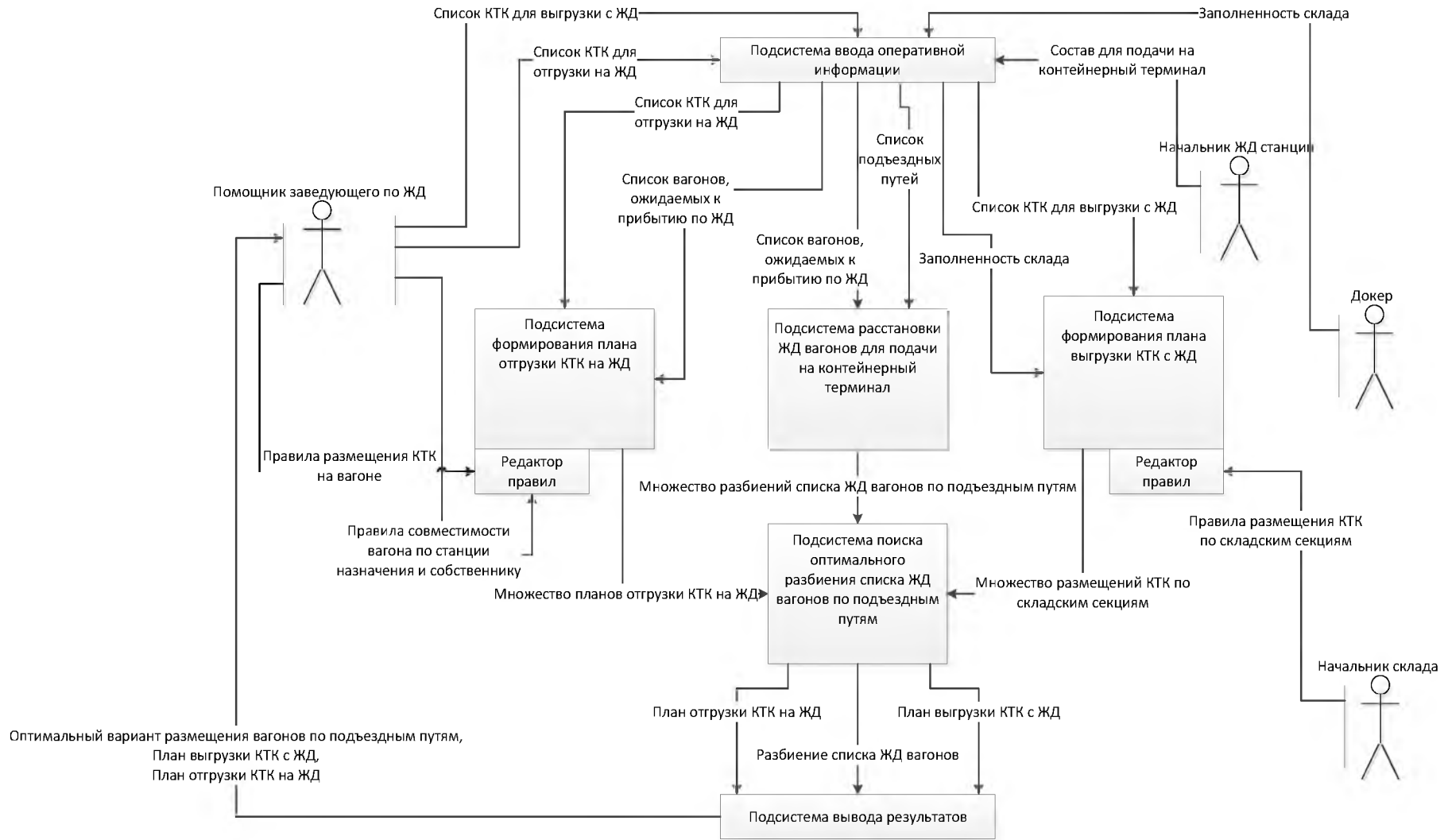


Рисунок 3 - Архитектурно-контекстная диаграмма системы

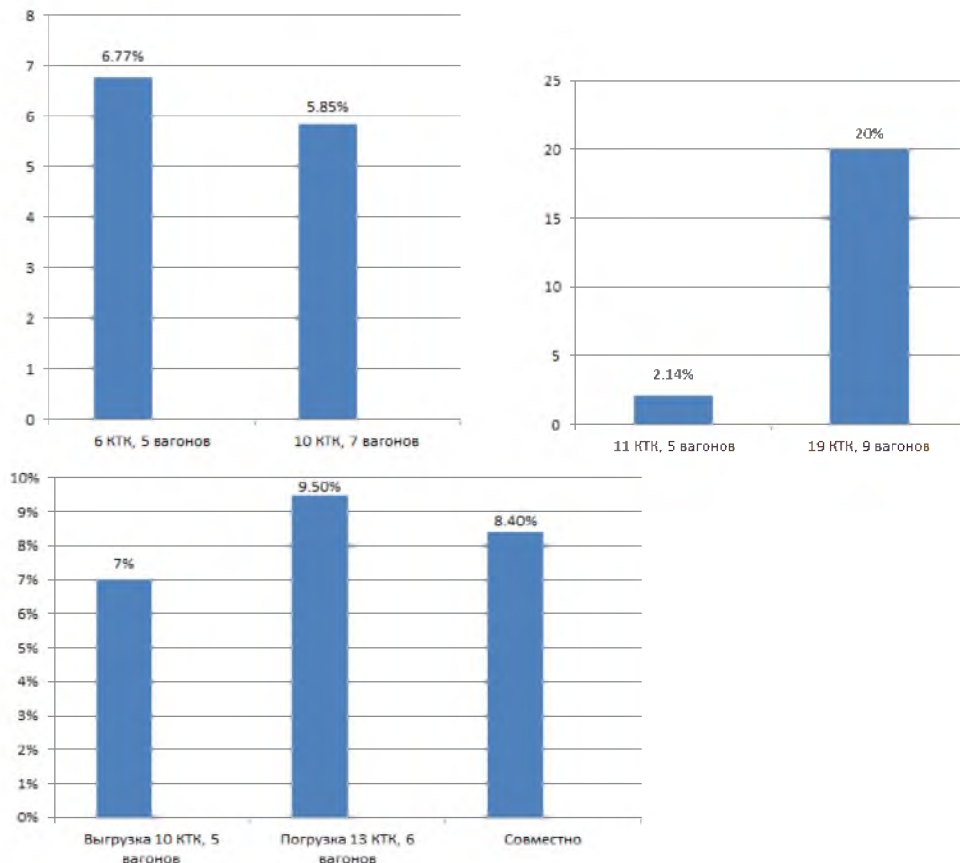


Рисунок 4 – Относительная оценка степени эффективности

Результаты экспериментов показывают, что при использовании программной системы, реализующей разработанные методы, эффективность грузовых процессов, происходящих на железной дороге контейнерного терминала, повышается на 20% при планировании работ по погрузке 19 контейнеров на 9 вагонов.

Основные результаты исследования:

Изучен практический опыт организации грузовых работ по погрузке и выгрузке контейнеров на примере реального контейнерного терминала. Исследованы существующие системы управления контейнерным терминалом на предмет наличия методов поддержки принятия решений при организации грузовых работ. Выделены основные проблемы, препятствующие эффективной организации грузовых процессов на железной дороге контейнерного терминала. Проанализированы и формально описаны этапы профессиональной деятельности при организации выгрузки и погрузки контейнеров с железнодорожных вагонов. Сформулированы 4 задачи и 5 подзадач, требующие решения для организации поддержки принятия решений в процессе планирования грузовых работ на железной дороге контейнерного терминала.

Проанализированы процессы формирования комплекта контейнеров для отгрузки на же-

лезнодорожный вагон, размещения железнодорожных вагонов по подъездным путям контейнерного терминала, планирования адресов хранения для выгружаемых контейнеров. Составлена диаграмма потоков данных, описывающая перечисленные выше процессы. Разработана формальная модель предметной области «Производственные процессы на железнодорожном транспорте контейнерного терминала». Термины модели описаны с использованием разработанного автором тезауруса предметной области.

Разработаны методы поддержки принятия решений для формирования плана отгрузки КТК на ЖД, размещения ЖД вагонов по подъездным путям, планирования адресов складских секций для хранения КТК, выгруженных с вагонов. Методы используют вычислительные комбинаторные алгоритмы и продукционные модели, содержащие правила размещения контейнеров в секциях хранения, правила размещения контейнеров на вагонах, правила совместимости вагона по станции назначения и собственнику.

Разработана концепция архитектуры системы поддержки принятия решений. Система определяет наилучший вариант размещения железнодорожных вагонов по подъездным путям, минимизируя суммарное расстояние по переме-

щению контейнеров, и предлагает этот вариант лицу, принимающему решение.

Проведен эксперимент, оценивающий эффективность разработанных методов автоматизации, имитируя реальные условия работы, происходящие на железной дороге контейнерного терминала.

#### Литература

1. Объемы железнодорожных контейнерных перевозок по России // Электронный журнал «Эксперт». URL: <http://expert.ru/expert/2012/23/soobrazili-nadvoih/media/145174/>
2. Andrey Kostogryzov, Andrey Nistratov, George Nistratov SOME APPLICABLE METHODS TO ANALYZE AND OPTIMIZE SYSTEM PROCESSES IN QUALITY MANAGEMENT // InTech, 2012, ISBN979-953-307-778-8, 2012, pp. 127-196
3. Grigoriev L., Kostogryzov A., Krylov V., Nistratov A., Nistratov G. Prediction and optimization of system quality and risks on the base of modelling processes. American Journal of Operation Researches, Special Issue, Volume 1, 2013, pp. 217-244.
4. Solvo. Комплексные системы управления. Автоматизация портов и контейнерных терминалов. Solvo.CTMS. URL: <http://www.solvo.ru/products/svsystems/ctms/ctms/index.php>
5. Solvo. Комплексные системы управления. Автоматизация портов и контейнерных терминалов. Модуль планирования погрузок ж/д состава. URL: <http://www.solvo.ru/products/svsystems/ctms/ctms/planning.php>
6. Portrade Container Terminal Management system. URL: <http://www.portrade.com/products-ctms.html>
7. Антонова Е.И., Васильев И.А. Задача формирования комплекта контейнеров для отгрузки на железнодорожный вагон. Метод поиска решений. // Технологии разработки информационных систем: сборник статей международной научно-практической конференции. – Таганрог: Издательство ЮФУ, 2015. – С. 101-106.
8. Антонова Е.И., Васильев И.А. Задачи планирования в работе железнодорожного транспорта на контейнерном терминале. Описание методов решения // Информационные технологии в науке, образовании и управлении: труды международной конференции IT+S&E'15 (Гурзуф, 22 мая-01 июня 2015г) / под. ред. проф. Е.Л. Глориезова. – М.: ИНИТ, 2015, Весенняя сессия. – С. 108-113.
9. Антонова Е.И., Васильев И.А. Архитектура системы автоматизации планирования грузовых процессов на железной дороге контейнерного терминала // Проблемы информатизации региона. ПИР-2015: Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции / Под ред. Л.Ф. Ноженковой; отв. за вып. А.А. Евсюков. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2015. – С. 12-19.
10. Антонова Е.И., Васильев И.А. Метод автоматического размещения железнодорожных вагонов по подъездным путям контейнерного терминала // XIII всероссийская конференция «Проблемы информатизации региона» ПИР-2013, Сборник материалов конференции. – Красноярск, 2013. – С.95-97.

#### References

1. Ob"emy zheleznodorozhnykh konteynerykh perevozk po Rossii. Elektronnyy zhurnal «Ekspert». URL: <http://expert.ru/expert/2012/23/soobrazili-nadvoih/media/145174/>
2. Andrey Kostogryzov, Andrey Nistratov, George Nistratov SOME APPLICABLE METHODS TO ANALYZE AND OPTIMIZE SYSTEM PROCESSES IN QUALITY MANAGEMENT // InTech, 2012, ISBN979-953-307-778-8, 2012, pp. 127-196
3. Grigoriev L., Kostogryzov A., Krylov V., Nistratov A., Nistratov G. Prediction and optimization of system quality and risks on the base of modelling processes. American Journal of Operation Researches, Special Issue, Volume 1, 2013, pp. 217-244.
4. Solvo. Kompleksnye sistemy upravleniya. Avtomatizatsiya portov i konteynerykh terminalov. Modul' planirovaniya pogrúzkzh/d sostava. URL: <http://www.solvo.ru/products/systems/ctms/ctms/planning.php>
5. Solvo. Kompleksnye sistemy upravleniya. Avtomatizatsiya portov i konteynerykh terminalov. Solvo.CTMS. URL: <http://www.solvo.ru/products/svsystems/ctms/ctms/index.php>
6. Portrade Container Terminal Management system. URL: <http://www.portrade.com/products-ctms.html>
7. Antonova E.I., Vasil'ev I.A. Zadacha formirovaniya komplekta konteynerov dlya otgrúzki nazheleznodorozhnyy vagon. Metod poiska resheniy. // Tekhnologii razrabotki informatsionnykh sistem: sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Taganrog: Izdatel'stvo YuFU, 2015. – pp. 101-106.
8. Antonova E.I., Vasil'ev I.A. Zadachi planirovaniya v rabote zheleznodorozhnogo transporta na konteynernom terminale. Opisaniye metodov resheniya // Informatsionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii: trudy mezhdunarodnoy konferentsii IT+S&E'15 (Gurzuf, 22 maya-01 iyunya 2015g) / pod. red. prof. E.L.Gloriozova. – M.:INIT, 2015, Vesenniyaya sessiya. – pp. 108-113.
9. Antonova E.I., Vasil'ev I.A. Arkhitektura sistemy avtomatizatsii planirovaniya grúzovykh protsessov nazhelezno ydoroge konteynernogo terminala // Problemy informatizatsii regiona. PIR-2015: Materialy XIV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / Pod red. L.F. Nozhenkovoy; otv. zavyp. A.A. Evsyukov. – Krasnoyarsk: IVM SO RAN, 2015. – pp. 12-19.
10. Antonova E.I., Vasil'ev I.A. Metod avtomaticheskogo razmeshcheniya zheleznodorozhnykh vagonov popod"ezdnyy putyam konteynernogo terminala // XIII vserossiyskaya konferentsiya «Problemy informatizatsii regiona» PIR-2013, Sbornik materialov konferentsii. – Krasnoyarsk, 2013. – pp. 95-97.