

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РФ

ФГБОУ ВО "ВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА"

На правах рукописи

Стрельников Денис Дмитриевич

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ
ВЫПОЛНЕНИЯ ПОРТОВЫХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В МОРСКИХ
ПОРТАХ

Специальность: 05.22.19 - "Эксплуатация водного транспорта, судовождение"

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
д.т.н., доц. Ничипорук А.О.

Нижний Новгород - 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. Анализ состояния и перспективы развития современного морского порта (на примере морского порта Новороссийск).....	13
1.1. Морской порт Новороссийск в структуре международных транспортных коридоров.....	13
1.2. Особенности организационной структуры и управленческих процессов ПАО "НМТП"	19
1.3. Существующие подходы к решению проблем оптимизации деятельности грузового терминала	25
1.4. Особенности функционирования диспетчерской службы морского порта	30
1.5. Выводы по главе.....	35
ГЛАВА 2. Анализ современных методов прогнозирования, моделирования и управления транспортными процессами морского порта.....	36
2.1. Современные методы имитационного моделирования транспортных процессов морского порта.....	36
2.2. Аналитический подход к определению продолжительности и производительности грузовой операции	44
2.3. Теория нечетких множеств	49
2.4. Автоматизированные системы управления перегрузочными процессами.....	52
2.5. Системы поддержки принятия решений	56
2.6. Выводы по главе.....	59

ГЛАВА 3.Метод прогнозирования времени выполнения грузовых операций.....	60
3.1. Техническая характеристика Восточного грузового района ПАО "НМТП"	60
3.2. Определение производительности грузовых операций	69
3.3. Влияние метеофактора на производительность грузовых операций.....	83
3.4. Выводы по главе.....	95
ГЛАВА 4. Прогнозирование времени выполнения грузовых операций Восточного грузового района ПАО "НМТП"	96
4.1. Способы верификация результатов прогнозирования	96
4.2. Прогнозирование времени выполнения грузовых операций и верификация прогноза	99
4.3. Выводы по главе.....	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	109
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	111
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	112
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	137

ВВЕДЕНИЕ

Транспортные коммуникации являются важным элементом межгосударственных связей, контроль над ними - инструмент влияния не только в экономической, но и в политической сфере. В современный период экономической нестабильности Российская Федерация, как страна, обладающая громадным транспортным потенциалом, благодаря своему географическому положению, имеет возможность вернуть себе статус мирового лидера в транспортной отрасли. Однако, для выполнения этой сверхзадачи следует понимать, какие действия, реформы, этапы модернизации следует провести во всей Российской транспортной отрасли, чтобы выйти на мировой уровень обслуживания транспортных потоков.

Учитывая развитие транспортных магистралей с самых древних времен, можно найти закономерность их организации прежде всего по географическому принципу. Одним из примеров древнего транспортного пути, используемого и по сей день, является "Великий шелковый путь". Стоит отметить, что данная магистраль не представляла собой единственную трассу из Китая в Европу, но являлась, выражаясь современной терминологией, логистической сетью. Исторически сложились два возможных маршрута, огибающих Черное и Каспийское моря: северный - проходящий к северу от морей, через прикаспийские и крымские степи, территории, принадлежащие современным России и Украине; южный - проходящий к югу от морей, через территории современных Ирана, Турции и других ближневосточных стран. Классический "Шелковый путь", вопреки утверждениям современных азербайджанских и иных западных историков, никогда не пересекал Каспий и никогда не проходил через Кавказ - безжизненная пустыня на Востоке Каспия, сам Каспий и недоступные горы на Западе Каспия были преградами для Шелкового пути, и он огибал их с севера и с юга по Северному и Южному маршрутам. Во все времена существовала жесткая конкуренция не только между двумя ветками "Шелкового

пути", но и странами, контролирующими различные сегменты одной ветви. Нередко, экономические интересы приводили к войнам, сталкивая региональных лидеров.

На текущем историческом отрезке складывается следующая макроэкономическая картина транспортных коридоров. В 2002 году было объявлено об организации транспортной магистрали ТРАСЕКА, целью которой становится создание системы, альтернативной Южному и Северному направлению "Шелкового пути". Маршрут проложен таким образом, чтобы грузопотоки не были подконтрольны России и Ирану - странам с собственными транспортными стратегиями и большими амбициями. В данной системе активно используются казахстанские, туркменские, азербайджанские морские порты Каспийского моря.

Сегодня продолжается выстраивание ТРАСЕКА с целью контроля как можно большей доли грузопотока, идущего по маршруту Восток-Запад, и изоляции России и Ирана от транспортных международных коридоров. Начиная с 90-х годов XX века, Россия стремительно теряла свои позиции, как державы, способной контролировать и обслуживать крупные транспортные потоки. Страны Ближнего востока, ранее находившееся в орбите влияния СССР (Туркменистан, Узбекистан, Грузия, Таджикистан, Казахстан), сегодня имеют собственное представление о развитии транспортной инфраструктуры, зачастую ориентированное не на российский транспортный инфраструктурный сегмент. В транспортной системе ТРАСЕКА задействованы черноморские порты (Поти, Батуми), железные дороги Грузии и Азербайджана, каспийская паромная переправа (Баку-Туркменбаши), железнодорожные сети Туркмении, Узбекистана, Киргизии, Казахстана и Китая, а также китайские порты на тихоокеанском побережье. В этих странах (за исключением Китая и частично Казахстана) при поддержке западных финансовых институтов реализуются транспортные проекты трубопроводов, автомобильных и железных дорог, крупных логистических центров. И хотя российские эксперты утверждают, что перевозка через территорию России в 1,2 раза дешевле и в 1,8 раза быстрее - конкурентная

транспортная система продолжает выстраиваться и решать текущие проблемы, забирая все большую долю транзитных грузов.

Треугольник США-Европа-Азия превращается в место сосредоточения финансовых и товарных потоков мира, причем, как считают специалисты, в XXI веке основной поток грузов пойдет между Западной Европой и Азиатско-Тихоокеанским регионом (АТР). Отмечено, что темпы роста торговли транспортно-коммуникационными услугами в мире вдвое опережают темпы роста торговли товарами. Следовательно, значимость мировых транспортных коммуникаций превысит роль центров добычи сырья и промышленного производства. Поэтому не удивительно, что в начале девяностых годов XX века одним из самых популярных тезисов экономического процветания постсоветских государств выступала идея об особенной выгоде их транзитного положения.

Российская Федерация вынуждена реструктурировать свою транспортную систему, чтобы не остаться в стороне от мировых транспортных и финансовых потоков, иначе стране уготована изоляция от интеграционных процессов, протекающих на европейском и азиатском пространствах. Отказ России от активной транспортной политики в Азии приведет к тому, что независимые центрально-азиатские и закавказские государства проложат транспортные коридоры в широтном направлении, минуя Российскую Федерацию, и просто перестанут в ней нуждаться. К тому же многие российские города (Оренбург, Челябинск, Омск, Астрахань и другие), основанные для продвижения русских интересов в Азию, потеряют свой геополитический смысл.

В последние годы заметно стремление России к включению в конкуренцию с мировыми транспортными лидерами. Такими шагами можно считать полноценный запуск и дальнейшее правовое, экономическое и инфраструктурное развитие Евразийского экономического союза, активизацию связей с Китаем в рамках ШОС и других международных объединений. К тому же технически Россия уже обладает перспективными транспортными линиями, такими как Транссибирская магистраль, БАМ. Данные линии обеспечивают наиболее дешевую и достаточно быструю континентальную перевозку грузов в

направлении «Восток-Запад». Транспортный коридор «Север-Юг» имеет в своей южной оконечности российского участка 15 морских портов с различными техническими, навигационными, транспортными характеристиками на Черном море и четыре порта на Каспийском море. Российские порты Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов находятся в наиболее близком положении к пересечению международных транспортных коридоров «Север-Юг», ТРАСЕКА и «Шелковый путь» [4, 51, 89, 90].

Международный коридор «ТРАСЕКА» имеет несколько несбалансированную структуру – суммарная мощность западных черноморских портов (Большая Одесса, Констанца, Варна, Бургас) значительно превышает мощность восточных портов (Поти, Батуми, Сухуми). Аналогичная картина имеет место и на Каспии. Однако, при включении в систему российских морских портов ситуация по пропускной способности приходит в равновесие. Исходя из этого, можно сделать вывод, что морские порты Азово-Черноморского побережья РФ могут быть активно задействованы сразу в нескольких международных коридорах, что позволит сбалансировать транспортные потоки и получить значимую часть грузооборота в российские транспортные логистические сети.

Развитие российских участков международных транспортных коридоров, включающих железные дороги и автомагистрали от границ с Финляндией и Белоруссией до Новороссийска и Астрахани; Нижнего Новгорода с последующим продолжением до Екатеринбурга и далее до Владивостока и Находки по Транссибирской магистрали, а также в направлении Казахстана и Китая; включение Волго-Донского судоходного канала, интеграция коридоров и создание, таким образом, Большого Европейского воднотранспортного кольца, может в значительной степени содействовать переориентированию российских внешнеторговых грузов на направлениях Север-Юг и Запад-Восток из портов Балтии (с этими целями построен новый морской терминал Приморск) и увеличению перевозок грузов международного транзита с использованием морских транспортных коммуникаций России.

Преимущества России на направлениях Европа - Азия - Дальний Восток - Китай - Индия - Иран, страны Юго-Восточной Азии должны быть реализованы с использованием водных путей и расположенных на них транспортных узлов. Развитие Южного воднотранспортного коридора, как приоритетного, дает возможность интеграции в мировую транспортную инфраструктуру, соединяя международные морские бассейны (Каспийский, Азово-Черноморский и Средиземноморский), внутренние водные пути Европы (Дунай и его межбассейновые соединения).

Однако, этому мешает ряд проблем эксплуатации морской инфраструктуры РФ: неконкурентоспособная тарифная политика, отсутствие специализации морских портов по типу обслуживаемого груза, неэффективное использование портовой грузопередающей инфраструктуры, отсутствие оперативного управления на основе современных логистических технологий, несоответствующая грузопотоку порта транспортная система железных и автомобильных дорог. Итогом становится низкий коэффициент эксплуатационной эффективности российских морских портов, который колеблется от 46 до 75%. Для сравнения: крупнейшие морские порты, такие как Гамбург, Роттердам, Сингапур, имеют коэффициент от 88 до 97%.

Следует отметить, что в соответствии с "Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030" года, планируется построить свыше 20 тысяч километров новых железнодорожных линий, построить и реконструировать 147 тысяч километров автомобильных дорог общего пользования, увеличить пропускную способность морских портов в 2,6 раза, речных – в 2,8 раза, а также обеспечить интенсивное развитие портовых нефтеперевалочных комплексов.

Но целевые показатели Стратегии могут быть не выполнены в срок по причине тяжелой экономической ситуации. В подобных условиях появляется риск урезания инвестиций в транспортную отрасль, а значит, в ближайшее время задача увеличения грузооборота через морские порты не сможет быть решена экстенсивным путем, т.е. расширением инфраструктуры, строительством новых портовых грузопередающих комплексов и расширением оперативных площадей.

В текущей ситуации речь идет о повышении эффективности использования уже существующих объектов инфраструктуры с учетом основных положений и целевых установок "Стратегии развития морской портовой инфраструктуры РФ до 2030 года" (далее Стратегия), а также Федеральной целевой программы "Поддержания развития и использования системы ГЛОНАС на 2012-2020 годы". При этом среди основных направлений актуальных исследований можно выделить следующие:

1. Оптимизация процесса перевозки на базе синтеза логистических алгоритмов всех элементов транспортно-логистической цепи, обеспечивающая транспортировку груза через морской порт.

2. Разработка и реализация инновационных информационных систем оперативного контроля технологических операций перевалки.

3. Разработка на базе имитационного моделирования математических моделей транспортного узла, а также комплекса программно-аппаратных средств в целях ситуационного моделирования и управления грузопотоками.

Степень разработанности темы: Методологической основой диссертационного исследования послужили отечественные и зарубежные научные работы, опыт специалистов по эксплуатации морского и речного транспорта и портов: А.В. Галина, А.Л. Степанова, Н.Н. Панасенко, Л.Б. Миротина, В.Л. Зюзина, В.И. Сергеева, Н.С. Отделкина, Ю.И. Платова, Ю.Н. Уртминцева, В.Н. Кострова, А.Н. Ситнова, В.З. Ананьиной, Н.Ф. Афанасьевой, М.Л. Гордона, А.С. Бутова, В.С. Лукинского, С.Б. Лебедева, А.В. Бачище, А.А. Хановой, А.М. Прохоренкова, В.В. Ерыгина, Л.Д. Ветренко, А.В. Кириченко, А.О. Ничипорук, А.И. Сидорова, А.А. Чеботаева, ван дер Аалста и некоторых других авторов. Однако, несмотря на проведенные достаточно широкие по своему объему изыскательские работы в области организации и управления технологическими процессами морских портов, можно утверждать (основание – "Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года"), что процесс формирования портовых транспортных услуг не завершен, подтверждением этому служит низкий коэффициент использования портовых

мощностей (0,45-0,75). На сегодняшний день не существует практических решений по прогнозированию и автоматизации перегрузочных процессов неспециализированных морских терминалов для обработки навалочных грузов.

Целью диссертационного исследования является совершенствование методики прогнозирования времени выполнения перегрузочных процессов обработки грузов грузового терминала морского порта.

Основными задачами исследования являются:

1. Анализ современного состояния технического обеспечения и средств оперативного контроля перевалки грузов через морской порт.

2. Разработка метода определения коэффициента производительности крановой группы с учетом взаимодействия кордонной и тыловой крановых подгрупп, а также метода определения коэффициента прогнозируемой и фактической производительностей с учетом используемых для перегрузки ресурсов и рабочих технологических карт (РТК) морского порта.

3. Разработка метода прогнозирования времени выполнения перегрузочных процессов грузового терминала в морском порту с учетом метеофактора (на примере навалочных грузов).

4. Разработка программного обеспечения для расчета прогнозируемого времени выполнения грузовых операций (на примере Восточного грузового района(далее ВГР) Публичного акционерного общества "Новороссийский морской торговый порт" (далее ПАО "НМТП")).

Научная новизна. В итоге комплексного исследования процесса организации и управления перегрузочными процессами ВГР ПАО "НМТП" впервые разработан метод определения прогнозируемого времени выполнения перегрузочных операций грузового терминала морского порта. Для решения этой задачи впервые разработаны вспомогательный метод расчета коэффициента производительности крановой группы с учетом взаимодействия кордонной и тыловой крановых подгрупп, а также метод расчета коэффициента прогнозируемой и фактической производительностей с учетом используемых для перегрузки ресурсов, погодных условий, а также технологических карт морского

порта. Метод, разработанный в представленном диссертационном исследовании, позволяет более эффективно осуществлять планирование погрузо-разгрузочных работ диспетчерской службой грузового терминала.

Объектом исследования является технологический процесс работы морского порта (паспорт специальности 05.22.19, объект исследования: п.2 Технология, организация и управление перегрузочными процессами в портах, область исследования: п.8 - Разработка оптимальных путей и маршрутов; п.13. Технологические процессы работы флота и порта, портовое оборудование).

Предметом исследования является технология организации и управления перегрузочным процессом грузового терминала в морском порту.

Достоверность и обоснованность научных результатов работы обусловлены совпадением результатов, полученных при проведении исследования на базе прогностической модели, и фактических показателей работы Восточного грузового района ПАО "НМТП".

Методология и методы исследования. Для достижения целей настоящей диссертации использовались методы исследования операций и моделирования процессов. Адекватность результатов проверялась с помощью инверсной верификации на основе данных ПАО "НМТП".

Теоретическая значимость диссертации заключается в разработке нового научно-методического аппарата для прогнозирования времени выполнения перегрузочных процессов для терминала морского порта.

Практическая ценность диссертации состоит в разработке программного обеспечения для диспетчерской службы ВГР ПАО "НМТП", позволяющего рассчитывать прогнозируемое время выполнения грузовой операции, а также момент ее окончания, учитывая существующие подъездные пути к терминалу, характеристики складских помещений, производительность кранового оборудования, количество людских и технических ресурсов, технологические линии, используемые терминалом, погодные условия.

Апробация работы. Получены акты о внедрении результатов диссертационного исследования от ПАО "Новороссийский морской торговый

порт" и АО "Ейский морской порт". Основные положения диссертационной работы были представлены в виде докладов на следующих конференциях: Международная конференция «Логистика: Современные тенденции развития», СПб: ГУМРФ имени адм. С.О. Макарова, 2016, 2017, 2018; Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции и закономерности развития транспортно-логистического комплекса Азово-Черноморского бассейна», 2015 (ГМУ им. адм. Ф.Ф.Ушакова); BlackSeaForum: Портовая инфраструктура, 2016.

Основные научные положения и результаты, выносимые на защиту.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом специальности 05.22.19 «Эксплуатация водного транспорта, судовождение». Содержанием специальности 05.22.19 является разработка научных проблем эффективного функционирования и развития водного транспорта (морского и речного).

На защиту выносятся следующие научные положения диссертации:

1.Метод расчета коэффициента производительности крановой группы терминала морского порта при перегрузке навалочных грузов с учетом взаимодействия кордонной и тыловой крановых подгрупп.

2.Метод расчета коэффициента прогнозируемой производительности грузовой операции на основе количества выделенных ресурсов и рабочих технологических карт морского порта.

3.Метод расчета прогнозируемого времени выполнения операции по перегрузке навалочных грузов грузового терминала морского порта с учетом метеофактора.

ГЛАВА 1. Анализ состояния и перспективы развития современного морского порта (на примере морского порта Новороссийск)

1.1. Морской порт Новороссийск в структуре международных транспортных коридоров

Морской порт Новороссийск – единственный универсальный незамерзающий глубоководный порт Южного бассейна России, позволяющий осуществлять круглогодичную навигацию. Порту Новороссийск отводится особая роль перевалки грузов из крупнейших промышленных центров России, производителей экспортной продукции для Европы, стран Ближнего Востока, Азии, Африки и Америки наиболее коротким путем, используя ответвления от основных направлений международных транспортных коридоров «Север-Юг» и «Транссиб».

Международный транспортный коридор – это совокупность наиболее технически и технологически оснащенных магистральных транспортных коммуникаций, связывающих различные страны, обеспечивающих перевозку грузов на направлениях их наибольшей концентрации, условия функционирования которых, включая прохождение таможенных процедур, закреплены соответствующими международными актами.

Основное направление коридора «Север-Юг»: Финляндия, Санкт-Петербург, Москва, Астрахань, Каспийское море, Иран, страны Персидского залива, Индия.

Основное направление коридора «Транссиб»: Берлин, Варшава, Минск, Москва, Владивосток.

Ответвления по южному направлению Европейской части России: Москва, Саратов, Самара, Волгоград, Ростов, Краснодар, Новороссийск.

Среди основных конкурирующих торговых магистралей стоит выделить Трансазиатскую магистраль, северное звено которой проходит через Китай и Казахстан, а южное звено через Центральную Азию, Иран, Турцию идет в Европу, и коридор ТРАСЕКА, соединяющий Центральную Азию с Европой через Закавказье. Указанные транспортные коридоры являются главными конкурентами коридоров «Транссиб» и российского участка коридора «Север-Юг», причем на данный момент Трансазиатская магистраль и коридор ТРАСЕКА активно развивают свою инфраструктуру усилием стран, участвующих в грузовых потоках. Одним из примеров может служить открытие нового скоростного тоннеля в Турции, который соединил восточную и западную часть страны под проливом Босфор в 2014 году [22].

Краткая информация о морском порте Новороссийск. Порт Новороссийск расположен на побережье Черного моря (рисунок 1.1), что позволяет географически иметь выход в Средиземное море, в Атлантический и Индийский океаны и, при необходимости, доставлять груз в любую точку мира. Площадь территории морского порта составляет 238 га, площадь акватории – 344 кв.км. На сегодняшний день в порту 89 причалов. Пропускная способность грузовых терминалов порта Новороссийск составляет 152,11 млн. тонн в год [79].



Рисунок 1.1- Основные международные торговые пути морского порта Новороссийск

Морской порт оказывает услуги по перевалке генеральных, навалочных, контейнерных, продовольственных грузов, лесоматериалов, сырой нефти и нефтепродуктов. В 2016 году общий грузооборот порта составил 146,91 млн. тонн, что составило более 60% общего грузооборота всех портов Азово-Черноморского бассейна. На долю порта Новороссийск приходится более 20% всех импортных и экспортных поставок, которые осуществляются через морские порты России.

В границах морского порта Новороссийск осуществляет деятельность более 80 хозяйствующих объектов (стивидорные, агентирующие, бункеровочные, сюрвейерские и пр.). Основными предприятиями, эксплуатирующими причальный фронт различного назначения, являются:

1. Группа НМТП:

- a. ПАО «Новороссийский морской торговый порт» (включая нефтегавань Шесхарис);
- b. ОАО «Новорослесэкспорт»;
- c. ОАО «Новороссийский судоремонтный завод» (НСРЗ);
- d. ОАО «Импортпищепром» (ИПП);
- e. ОАО «Новороссийский зерновой терминал» (НЗТ);
- f. ОАО «Флот НМТП»;

2. ЗАО «Каспийский трубопроводный Консорциум-Р» (КТК-Р);

3. ОАО «Новороссийское узловое транспортно-экспедиционное предприятие» (НУТЭП);

4. ОАО «Комбинат «Стройкомплект» (КСК);

5. База технического обслуживания флота;

6. ФГУП «Новороссийское управление АСПТР» Госморспасслужбы России.

Как показывает анализ, в целом очевидна тенденция по увеличению объемов перевалки грузов через порт Новороссийск (таблица 1.1). В таблице 1.2 представлен расчет грузооборота и пропускной способности порта Новороссийск в перспективе на период до 2030 года (млн. тонн). Расчеты, представленные в

таблице 1.1 и рисунке 1.2, для Новороссийского морского порта показывают, что планы "Стратегии" по увеличению пропускной способности морских портов России в 2,6 раза можно ограничить (с учетом имеющегося на начало 2013 года задела в 152,11 млн. тонн) до 1,22 при прогнозируемом грузообороте в 161,39 млн. тонн к 2030 году [79].

Таблица 1.1 - Грузооборот и пропускная способность порта Новороссийск

Порт Новороссийск	2013г. отчет	2014г. отчет	2016г. отчет	2020г. прогноз	2030г. прогноз
Грузооборот, тыс. т.	112,54	121,59	146,91	152,19	161,39
Необходимая пропускная способность, тыс. т.	152,11	152,11	168,14	175,01	185,59
Изменение грузооборота, %	-4,81	+9,05	+20,27	+10,33	+9,2



Рисунок 1.2- Графики перспективного развития пропускной способности и грузооборота морского порта Новороссийск с учетом "Стратегии развития морской инфраструктуры России до 2030 года"

В целом по портам Российской Федерации увеличение мощности перегрузочных комплексов растет недостаточно высокими темпами, учитывая

планы Стратегии по увеличению грузооборота к 2030 году в 2.6 раза. Ниже, на рисунке 1.3 представлена обобщенная статистика по морским портам РФ. Общий грузооборот по всем портам РФ вырос к 2018 году на 44% относительно 2012 года, хотя по темпам, заложенным в Стратегии [3], показатель роста должен находиться в районе 73%.

Следует отметить недостаточно эффективную деятельность по управлению грузовыми потоками внутри терминалов, неэффективное обслуживание судов. Как известно, основными параметрами, характеризующими эффективность морской портовой инфраструктуры, являются пропускная способность или мощность перегрузочного комплекса и грузооборот.

Пропускная способность порта – техническая возможность перерабатывать наибольшее количество груза определенной категории за конкретный промежуток времени (сутки, месяц, год, навигация) (источник: URL: <http://www.seaterms.ru/>).

Грузооборот порта – количество тонн груза, практически проходящее через причальный фронт за конкретный промежуток времени (сутки, месяц, год, навигация).



Рисунок 1.3 - Мощность перегрузочных комплексов и процент их использования по морским портам РФ

Пропускная способность и грузооборот порта – это два взаимосвязанных параметра, объединенных общеизвестной формулой:

$$Pr = n * Gr,$$

где Pr – пропускная способность порта;

Gr – грузооборот порта;

n – коэффициент резерва пропускной способности для надежного обеспечения грузооборота порта.

Анализ работы передовых на сегодняшний день портов по перевалке грузов, таких как Сингапур, Роттердам, Шанхай, Лос-Анджелес, показывает, что при надлежащей организации портовой инфраструктуры резерв пропускной способности не должен превышать 15% от грузового оборота портах [2].

Применительно к ПАО «НМТП» на рисунке 1.2 представлены графики перспективного развития пропускной способности и грузооборота порта, позволяющие в начальной стадии оценить состояние и принять решение по модернизации портовой инфраструктуры, исходя из срочности и материально-технической достаточности.

Варианты реализации прогнозов Стратегии:

–график 1 – плавное повышение грузооборота до 2030 года в объеме 1,21 млн. тонн ежегодно (по результатам работы порта в 2012 году) – прогноз невыполним;

–график 2 – плавное повышение грузооборота до 2030 года в объеме 2,45 млн. тонн ежегодно – прогноз выполним;

–график 3 – ступенчатое повышение грузопотока согласно Стратегии развития порта Новороссийск до 2030 года. Из графика видно, что для достижения прогнозируемых результатов только к 2019 году требуется ежегодное увеличение грузооборота порта в размере не менее 8,17 млн. тонн ежегодно [79].

"Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года" также обозначила важную проблему обеспечения функционирования транспортной системы как единого целого организма, эффективность которого

зависит от сложности работы всех структурных подразделений независимо от вида транспорта и маршрута грузоперевозок.

Исходя из этого, для развития инфраструктуры порта Новороссийск, как основной морской перевалочной базы Юга России, через которую проходит 70% экспортно-импортных и около 20% транзитных грузов, обеспечивающей работу международных транспортных коридоров «Север-Юг» и «Транссиб», требуется решение множества задач, а именно:

1. Разработка транспортно-логистической системы управления портовой инфраструктурой как составляющей центра глобальной логистической диспетчеризации (ЦГЛД) транспортной системы России.

2. Разработка деловой производственно-логистической взаимосвязи между хозяйствующими субъектами причального фронта морского порта.

3. Оценка возможностей действующих портовых перегрузочных мощностей с целью повышения коэффициента их использования как минимум до 0,85.

4. Оценка и применение мер по организации более эффективной работы портовой таможенной службы.

5. Разработка мер по увеличению пропускной способности морского порта, так как к концу 2030 года дефицит пропускной способности (согласно Стратегии) достигнет 33,48 млн. тонн.

1.2. Особенности организационной структуры и управленческих процессов ПАО "НМТП"

ПАО «Новороссийский морской торговый порт» располагает 38 причалами, арендуемыми у государства, в число которых входят наиболее глубоководные причалы России. В распоряжении имеются крытые склады и

открытые площадки для хранения грузов, общей площадью 53900,6 кв.м. и 185672,5 кв.м. соответственно.

Грузовые причалы торгового порта оборудованы на пяти пирсах - Восточном, Широком №1, Широком №2, пирсах №3 и №5. Минимальные глубины у причалов - 8,3 м, максимальные - 13,5 м

ПАО «НМТП» ежегодно обрабатывает разнообразные сухие грузы, среди которых основной грузопоток составляют черные и цветные металлы, сахар, химические грузы, цемент, бумага, зерновые. Такое многообразие генеральных и навалочных грузов предполагает наличие специализированных перегрузочных терминалов и комплексов (источник: URL: <http://www.nmtp.info/>).

Руководство текущей деятельностью Общества осуществляется единоличным исполнительным органом ПАО «НМТП» - Генеральным директором, который подотчетен Совету директоров и Общему собранию акционеров. Генеральный директор без доверенности действует от имени ПАО «НМТП», в том числе представляет его интересы, совершает сделки от имени ПАО «НМТП», утверждает штаты, издает приказы и дает указания, обязательные для исполнения всеми работниками Общества.

В ПАО «НМТП» существует служба внутреннего контроля, которая не подчиняется Генеральному директору и связана непосредственно с Советом директоров ПАО «НМТП».

В подчинении Генерального директора также находится первый заместитель генерального директора, который координирует работу нефтегавани «Шесхарис» и основных дирекций предприятия (рисунок 1.4):

1. Дирекция по эксплуатации.
2. Дирекция главного инженера.
3. Дирекция поддержки бизнеса.
4. Дирекция по правовому обеспечению.
5. Дирекция по персоналу.
6. Дирекция по экономике.
7. Дирекция по маркетингу и коммерческой работе.



Рисунок 1.4 - Основные ключевые подразделения ПАО «НМТП»

Дирекция по эксплуатации является основным производственным подразделением ПАО «НМТП», так как именно это подразделение осуществляет погрузо-разгрузочные операции, оказывает основной набор услуг по складированию, хранению и оформлению грузовых документов. Организационно-производственная структура Дирекции по эксплуатации показана на рисунке 1.5.

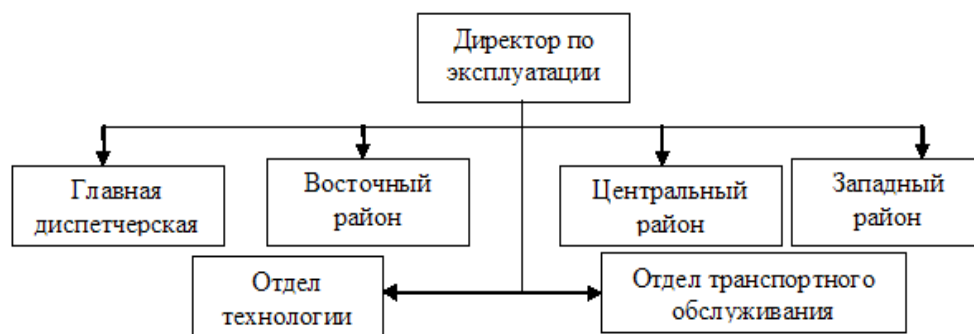


Рисунок 1.5 - Организационно-производственная структура Дирекции по эксплуатации

Существующая структура Дирекции по эксплуатации состоит из подструктур грузовых районов, которые представлены подструктурами Центрального, Восточного и Западного районов, а также отдела технологии и отдела транспортно-экспедиторского обслуживания.

Основными целями и задачами грузовых районов являются:

1. Организация и осуществление погрузочно-разгрузочных работ и вспомогательных работ, выполняемых на территории грузового района его трудовыми ресурсами и техническими средствами в соответствии со сменно-суточным планом и технологической документацией.

2. Обеспечение качественной и сохранной перегрузки, хранения и складирования грузов в соответствии с договорами, Общими и специальными правилами перевозки грузов, таможенными и другими правилами, действующими на морском транспорте.

3. Обеспечение содержания и технической эксплуатации перегрузочных машин и технологического оборудования грузового района в соответствии с действующими правилами.

4. Содержание в рабочем состоянии причалов, швартовых устройств, подъездных путей, осветительного оборудования, силовых, водопроводных и канализационных сетей.

5. Содержание в надлежащем санитарном состоянии административных и бытовых зданий и сооружений на территории грузового района.

6. Ведение учетной и отчетной документации по обработке судов и железнодорожных вагонов, по выполнению складских и вспомогательных операций.

7. Обеспечение сменно-суточного планирования работы грузового района по обработке судов и железнодорожных составов в соответствии с «Единым технологическим процессом работы порта и железнодорожной станции», сводным месячным графиком и Узловым соглашением.

8. Проведение переговоров с администрацией судов о порядке проведения грузовых операций, согласование, оформление и подписание грузовых планов и

актов суточного времени.

9. Своевременное составление установленной отчетности о производственно-финансовой деятельности района.

10. Выполнение работ по заявкам грузовладельцев (маркировка, ремонт и прочее).

Три грузовых района, замкнутые в рамках одного предприятия, как экономически, так и географически, имеют хотя и смежные, но во многом различные специализации. В случаях изменения структуры грузопотоков и перенаправлении груза на «неспециализированный» район возникают трудности, т.к. даже при наличии необходимой перегрузочной техники, у персонала этого района нет наработанных навыков по перевалке такого груза. На приобретение таких навыков уходит время, а ресурсы расходуются нерационально.

В последние годы наблюдается реорганизация управленческих и организационных структур ПАО "НМТП" с целью повышения общей эффективности предприятия. Одним из таких шагов можно считать создание единой для трех грузовых районов Базы вспомогательных механизмов. Существует практика резервирования исполнителями (бригадами) тех перегрузочных работ, которые отстают от намеченного графика, и формирование универсальных бригад, способных выполнять перегрузочные работы с любым видом груза.

Несмотря на то, что данные шаги действительно ведут к повышению общей эффективности и производительности порта, стоит отметить все еще существующие недостатки функционирующей системы.

На сегодняшний день фактически продолжается практика использования специализированных бригад, которые работают только на определенных грузовых районах и только на определенных видах грузов. Бригады организационно закреплены за грузовым районом, что снижает мобильность трудовых ресурсов.

Следует заметить, что количество технических средств рассчитано на пиковые нагрузки, которые случаются крайне редко, однако, портовым

структурам приходится держать на балансе внушительное количество неиспользуемой или редко используемой техники, что несет за собой дополнительные амортизационные расходы и фонды зарплат.

Далее нами рассмотрено функционирование Восточного грузового района ПАО "НМТП", общий вид которого представлен на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 - Восточный грузовой район НМТП
(источник: URL:<https://yandex.ru/maps>)

Восточный пирс включает в себя причалы под номерами 1-6. На территории района перегружаются навалочные грузы, в основном уголь, черные и цветные металлы, металлолом, руда. На причале №5 расположен специализированный современный комплекс по перевалке минеральных удобрений. На причалах и тыловых площадках Восточного района установлено 20 порталных кранов различных модификаций. Общая площадь открытых складов составляет 37,8 тыс.кв.м, крытых складов - 5,0 тыс.кв.м (источник: URL: <http://www.nmtp.info/>).

Причалы являются универсальными и обслуживают навалочные грузы. Техника малой механизации является общей для всего района, как и бригады докеров-механизаторов, в течение смены на дежурстве находятся три бригады.

1.3. Существующие подходы к решению проблем оптимизации деятельности грузового терминала

В научной литературе сформировано несколько подходов к решению транспортных проблем морского порта, которые направлены на повышение эффективности грузовых терминалов с помощью совершенствования перегрузочного оборудования, повышения качества управления и контроля за деятельностью субъектов перегрузочного процесса с применением современных информационных систем (преимущественно для контейнерных терминалов), разработки имитационных моделей функционирования грузового терминала, делая упор на логистическое взаимодействие нескольких видов транспорта и складское обслуживание.

Среди ученых, занятых вопросами совершенствования перегрузочной технологии, стоит отметить Степанова А.Л. [75]. В основе исследований лежит глубокий анализ существующих технических средств перегрузки и дополнительных механизмов для всех возможных видов грузов, а также типичные схемы организации техники на причальном фронте. Особый вклад Степанова А.Л. состоит в подробном математическом описании производственных циклов перегрузочного оборудования при использовании различных схем перегрузки, оптимизации межремонтных циклов, определении надежности технических перегрузочных систем, обработки грузопотоков складских зон.

Необходимо учесть научные разработки Казакова А.П. [34], в которых приведены подробные методики по расчету производительности грузовых операций, расчету пропускной способности грузового терминала, рассмотрены

схемы организации работы в рамках грузового терминала, оперативное управление перегрузочными работами и расчет технико-экономических показателей.

С точки зрения имитационного моделирования транспортных и перегрузочных процессов значимый вклад в науку внесли Ханова А.А. [106-108], Зюзин В.Л. [31], Куренков П.В. [50], Семенов К.М. [71]. В своих работах названные ученые в основном используют факторный анализ и метод дискретно-событийного моделирования транспортных процессов. Данный метод моделирования основывается на случайном потоке входящих заявок, закон распределения которого не всегда соответствует реальному потоку заявок в морском порту.

Имитационное моделирование в применении к морской отрасли рассмотрено в работах [5-8, 13, 22, 38-40, 44, 45, 53, 70, 101, 113]. В научных трудах Проталинского О.М., Хановой А.А. [65, 66] и Григорьева О.В. [21] деятельность порта рассматривается с позиций теории множеств, что позволяет формально описать связи ресурсов, сотрудников, операций и влияния случайных событий на основе теории рисков. Указанные научные труды внесли большой вклад в развитие формального описания деятельности морского порта целиком и перегрузочных, транспортных операций в частности.

Также существует множество вариаций рассмотрения деятельности морского порта или отдельно взятого терминала как системы массового обслуживания потока заявок. Наиболее часто применяются модели системы массового обслуживания с ожиданием и отказами. Среднее время хранения партии на складе в этом случае может быть интерпретировано как среднее время обслуживание заявки. Наибольшее количество одновременно хранящихся на складе судовых партий составляет объем склада. Слишком малое допустимое число партий (т.е. размер склада) приведет к появлению очереди и связанным с ней потерям первого рода, слишком большое – приведет к неэффективному использованию склада, т.е. к потерям второго рода. Чтобы учитывать потери, связанные с простоями, теория массового обслуживания предлагает известные

формулы для определения средней длины очереди и среднего времени ожидания в ней. Аппарат теории массового обслуживания оказывается важным и востребованным при решении многих частных задач технологического проектирования и, в частности, может быть использован для оценки требований к складу.

Как верно указано в [39]: "Существенным ограничением на использование методов теории массового обслуживания является природа потока транспортных средств. Как правило, в большинстве реальных случаев нарушаются основные требования к потоку, позволяющие использовать известные теоретические методы. В частности, поток транспорта практически никогда не бывает стационарным, поскольку коммерческие условия работы терминала и смежных объектов в цепи поставок (расписания движения, работа подходных каналов, внешних складов, органов контроля, офисов, действия муниципальных властей и пр.) вызывают существенные неравномерности поступления транспорта. Эти неравномерности носят сезонный характер (летние поставки продуктов, квоты и пр.), месячный (например, предновогодняя торговля), недельный (увеличение потока в пятницу и понедельник), сменный (дневная развозка прямо в пункты торговли) и часовой (начало рабочего дня) характер. Возможное наложение всех этих факторов приводит к тому, что интенсивность поступления заявок на обслуживание от заданного проектом среднего значения отличается не на проценты, а в разы.

Следует учесть, что все результаты теории массового обслуживания выведены для однородных по природе каналов обслуживания и поступающих заявок. Чем больше различия в этих элементах, тем менее точными становятся получаемые результаты".

От ряда недостатков, свойственных классическим системам массового обслуживания, независим анализ процессов методами Монте-Карло. Методы Монте-Карло — группа численных методов для изучения случайных процессов. Суть метода заключается в следующем: процесс моделируется при помощи генератора случайных величин. Область применения

метода Монте-Карло охватывает чисто детерминированные, закономерные задачи, например нахождение значений определенных одномерных и многомерных интегралов. Особенно проявляется преимущество этого метода по сравнению с другими численными методами в случае кратных интегралов [110].

Основной идеей, которая используется при решении детерминированных задач методом Монте-Карло, является замена детерминированной задачи эквивалентной статистической задачей, к которой можно применять этот метод. Вместо точного решения задачи получается приближенное решение, погрешность которого уменьшается с увеличением числа испытаний.

Главный недостаток метода Монте-Карло заключается в том, что, являясь в основном численным методом, он не может заменить аналитические методы при расчете существенно новых явлений, где, прежде всего, нужно раскрытие качественных закономерностей. Преимущество метода Монте-Карло состоит в том, что он способен “сработать” там, где другие методы не способны найти зависимости в силу ограничений собственного математического аппарата.

В отличие от аналитических методов, ищущих решение в виде ряда по собственным функциям, методы Монте-Карло ищут решения в виде статистических сумм. Для их применения достаточно описания вероятностного процесса и не обязательна его формулировка в виде интегрального уравнения; оценка погрешности чрезвычайно проста, их точность слабо зависит от размерности пространства.

В последние пять лет в научных журналах стала появляться критика существующей системы управления, основанной на функциональной структуре. Как верно отмечено в работе Коробковой М.Н. [47]: "Каждое функциональное подразделение стало оптимизировать деятельность в области своей ответственности, что в конечном счете привело к подмене стратегической цели морского порта целевыми функциями подразделений и стало тормозить стратегическое развитие морского порта как единой системы. Функционализм привел к созданию функциональных барьеров, усложнению взаимодействий

между подразделениями и препятствию внедрения новых технологий (таких как проектное управление, командная работа, управление знаниями и др.)".

Причины проблем функционально ориентированных схем состоят в следующем:

1. Функционально структурированная организация не стимулирует заинтересованность работающих в конечном результате. Видение происходящего сотрудниками чаще всего не выходит за рамки подразделений, в которых они работают, они не ориентированы на целевые задачи предприятия.

2. В функционально ориентированных структурах обмен информацией между различными подразделениями чрезмерно усложнен из-за ее вертикальной иерархии, что приводит к неоправданно длительным срокам выработки управленческих решений. По подсчетам аналитиков время взаимодействия между подразделениями распределяется следующим образом: 20% - на выполнение работы и 80% - на передачу ее результатов следующему исполнителю.

Выходом из сложившейся ситуации является применение процессно-ориентированного подхода, в рамках которого фокус внимания смещается с функциональных подразделений и их внутренних процессов на процессы, протекающие между этими подразделениями, т.е. процессный подход предлагает в своей сути рассмотрение и оптимизацию горизонтальных взаимодействий между участниками перегрузочных операций. В статье Жакова В.В. [29] даны следующие основные определения, используемые в процессно-ориентированном управлении:

"Процесс – последовательность действий (подпроцессов), направленных на получение заданного результата, ценного для организации.

Владелец процесса – должностное лицо, несущее ответственность за получение результата процесса и обладающее полномочиями для распоряжения ресурсами, необходимыми для выполнения процесса.

Входы процесса – ресурсы: материальные, информационные, стоимостные, необходимые для выполнения и получения результата процесса, которые потребляются или преобразовываются при выполнении процесса.

Выходы процесса – имеют, как и объекты, материальную, стоимостную или информационную форму и либо являются результатом выполнения процесса, либо потребляются другими процессами, либо являются внешними по отношению к организации клиентами. Выход, как и вход, процесса выступает в трех формах: стоимостной (ценность, расходы), материальной (как результат действия, например, погруженный, разгруженный вагон, обработанное судно) и информационной (запись в базе данных с фиксацией результата процесса; записи в ведущихся еще сегодня бумажных документах типа.

Ресурсы процесса - выступают в виде различных объектов, используемых для выполнения процесса и целиком не потребляющихся при выполнении одной итерации процесса."

Данный метод в научных публикациях редко звучит в контексте применения к деятельности морского порта, точнее именно к его технологической сфере, однако, в сфере железнодорожного транспорта процессный подход рассматривается уже в рамках внедрения автоматизированных систем управления. В целом процессный подход в управлении крупными организациями в современной литературе связан с внедрением ERP, CRM, SCM-систем [17], WorkFlow систем [115-118].

1.4. Особенности функционирования диспетчерской службы морского порта

Диспетчерская система управления является формой организации круглосуточного и непрерывного руководства эксплуатационной деятельностью и оперативного управления производственной деятельностью порта и отдельных стивидорных компаний. Основные задачи диспетчерской системы

управления заключаются в следующем (источник: URL: https://life-prog.ru/1_20616_dispatcherskaya-sistema-v-portu.html):

1. Обеспечение выполнения месячных, квартальных и годовых планов перегрузки грузов.
2. Составление сменно-суточных планов, организация и контроль их выполнения.
3. Согласование со смежными транспортными предприятиями и клиентурой вопросов, связанных с обработкой судов, вагонов и автомобилей.
4. Организация обработки судов и вагонов в установленные сроки в соответствии с планами обработки судов и сменно-суточными планами.
5. Наиболее рациональное и эффективное использование всех перегрузочных и транспортных средств при обработке судов и перегрузке грузов.
6. Контроль за выполнением перегрузочных операций по судам и железнодорожным вагонам в соответствии с месячными планами грузообработки, судо-часовыми нормами, РТК.
7. Внедрение и распространение системы непрерывного планирования производственного процесса порта, передовых методов выполнения перегрузочных и вспомогательных операций обработки судов, вагонов и автомобилей.
8. Ведение оперативного учета и отчетности по обработке транспортных средств, систематическое обобщение и оперативный анализ количественных и качественных показателей работы порта с целью выявления дополнительных резервов, разработка мероприятий по совершенствованию работы в порту, ускорению обработки судов и вагонов, снижению себестоимости погрузочно-разгрузочных работ и повышению рентабельности порта.
9. Подготовка проектов стивидорных соглашений на обработку судов от имени компании с клиентами.

10. Ведение расчетов и переписки с клиентами по обработке транспортных средств.

11. Подготовка и проведение диспетчерских совещаний, планирование и непрерывная координация работы со смежными транспортными предприятиями и компаниями в соответствии с действующими договорами.

Решением перечисленных выше задач занимается Главная диспетчерская служба и, соответственно, диспетчерские службы грузовых районов, портового флота, отдела вспомогательных машин и других подразделений, принимающих участие в погрузочно-разгрузочных работах. Диспетчерскую службу возглавляет Главный диспетчер, подчиненный Директору по эксплуатации. Главному диспетчеру подчиняются диспетчеры грузовых районов, портового флота, автобазы и других подразделений, возглавляющие диспетчерские службы этих подразделений. Персонал Главной диспетчерской службы состоит из заместителей Главного диспетчера, один из них - заместитель Главного диспетчера по железнодорожным операциям, старших диспетчеров по оперативному планированию и анализу, сменных диспетчеров и операторов. Персонал диспетчерских грузовых районов и других подразделений состоит из сменных диспетчеров и операторов.

В диспетчерской системе управления различают три самостоятельные функции:

- оперативное планирование;
- диспетчерский контроль;
- информация, учет и анализ.

Оперативное планирование.

Оперативное планирование – это непрерывный процесс, учитывающий изменение производственной обстановки в порту и предусматривающий рациональную расстановку рабочих и всех перегрузочных судовых средств по судовым, вагонным и складским работам. Основная задача оперативного

планирования порта заключается в том, чтобы установить объем и конкретный характер перегрузочных работ на планируемый период, определить средства необходимые для выполнения установленного объема работ и наметить практические операции для его выполнения. Оперативное планирование ограничивается коротким рабочим периодом, таким как рабочая смена, сутки, декада, месяц, в отличии от перспективного и текущего видов планирования, которыми охватываются квартал, год (источник: URL: https://life-prog.ru/1_20616_dispatcherskaya-sistema-v-portu.html).

Основой месячного планирования является месячный график захода судов в порт— сводный месячный график, в том числе план завоза грузов, нормы погрузки-разгрузки вагонов, которые сообщаются порту до начала планируемого месяца.

В соответствии со специализацией причалов, Главная диспетчерская служба составляет план расстановки судов по причалам и определяет план работы погрузочных районов на планируемый месяц. Принимаются меры по привлечению рабочей силы или по использованию рабочих на внепортовых работах, если планируемый объем окажется меньше имеющихся возможностей.

Основной формой оперативного планирования работы стивидорной компании является сменно-суточное планирование - определение объема и характера работ на предстоящие сутки с разделением по сменам. Сменно-суточный план составляется ежесуточно и состоит из трех частей: судовые работы, вагонные работы, складские и вспомогательные работы.

Исходными данными для составления сменно-суточного плана являются данные о подходе судов и вагонов, сведения об остатках грузов на судах и складах, сведения о выходе рабочих по сменам, данные о наличии в эксплуатации перегрузочных машин, плавсредств и внутрипортового транспорта, заявки капитанов судов на предоставление топлива, воды и других услуг, степень выполнения портом месячного плана перегрузки грузов. При расчете плана используют судо-часовые нормы и сроки обработки ж/д вагонов, единые и местные нормы выработки рабочими бригад, нормы на выполнение

вспомогательных операций, оперативные и технологические проекты обработки судов. План обработки вагонов является графиком подачи вагонов в порт под погрузку и выгрузку. В плане указываются вид вагонов (крытые, платформы, полувагоны), их количество, место, время подачи под погрузку или выгрузку, согласно Узловому соглашению и единым технологическим процессам порта и станции. В плане разгрузки вагонов указывается, в какое время и на какой причал они должны быть поданы. В плане вспомогательных работ предусматриваются складские и прочие работы, обеспечивающие выполнение сменно-суточного плана.

Все работы по месячному планированию грузовых операций в рамках терминала производятся в ручном режиме при участии диспетчера терминала и представителей грузовладельцев. Оперативное планирование выполняется самостоятельно диспетчером также в ручном режиме. Единственной "подсказкой" информационной системы порта является список свободной от работ техники в рамках грузового района.

Диспетчерский учет – это непрерывный оперативный учет, его задача – составление информации о ходе производственной деятельности стивидорной компании или порта в целом на данный конкретный отрезок времени. Основные вопросы оперативного учета и диспетчерской информации заключаются в следующем:

- 1.Выполнение производственного плана перегрузки.
- 2.Обработка судов.
- 3.Обработка ж/д вагонов.
- 4.Наличие рабочей силы и выход рабочих в смену.
- 5.Данные по судам, прибывшим в порт и стоящим в ожидании постановки к причалу.

При подобном характере планирования и учета работ многое зависит от личной квалификации специалистов диспетчерской службы. По мнению автора, важными факторами с точки зрения автоматизации организации и управления процессами являются функции составления сменно-суточных планов, месячных

планов, рационального использования имеющихся трудовых и технических ресурсов. Автоматизация данных функций позволит снизить влияние человеческого фактора на производительность и рациональность перегрузочных операций.

1.5. Выводы по главе

На основании анализа грузооборота морских портов и перспективного развития пропускной способности портов Азово-Черноморского бассейна сделаны следующие выводы:

1. Темпы роста грузооборота морских портов РФ отстают от целевых показателей, заданных в "Стратегии развития морской портовой инфраструктуры до 2030 года". Текущий средний рост грузооборота составил 44% относительно момента принятия Стратегии при целевом показателе на данный период порядка 73%.

2. Коэффициент использования российских морских портов составляет 45-70%, что уступает показателям лидеров в данной отрасли, портам Сингапур, Гамбург, Шанхай, где коэффициент эксплуатационной эффективности составляет порядка 95%.

Проведен анализ научных публикаций в сфере организации и управления процессами морского порта. Рассмотрен процессно-ориентированный подход к изучению деятельности морского грузового терминала.

Изучена организационная структура ПАО "НМТП", сделан вывод о необходимости создания информационной вспомогательной системы для диспетчерской службы грузового терминала в целях повышения качества работы диспетчера в области организации и управления перегрузочными процессами терминала.

ГЛАВА 2. Анализ современных методов прогнозирования, моделирования и управления транспортными процессами морского порта

2.1.Современные методы имитационного моделирования транспортных процессов морского порта

Практика создания имитационных моделей работы предприятий, транспортных систем, логистических сетей сегодня становится все более распространенной, следовательно, более востребованными становятся информационные продукты с широким функционалом для создания моделей сложных транспортных систем. Подробно математические и физические основы имитационного моделирования описаны в [5-8, 13, 22, 38-40, 44, 46,53,70, 101, 113]. Существует несколько подходов к имитационному моделированию сложных систем:

1. Системный подход (по определению Джона Штермана) – метод моделирования, использующийся для создания точных компьютерных моделей сложных систем, для дальнейшего применения с целью проектирования более эффективной организации и политики взаимоотношений с данной системой. Системный подход позволяет создавать микромиры-симуляторы, где пространство и время могут быть сжаты и замедлены (либо наоборот ускорены) так, чтобы стало возможным изучить последствия принятых решений, быстро освоить методы и понять структуру сложных систем, создать рекомендации по дальнейшему функционированию системы.

2. Дискретно-событийное моделирование – метод моделирования, при котором любые протекающие процессы представлены в дискретной форме, т.е. описываются минимум двумя временными отсечками начала и конца действия.

3.Агентное моделирование– метод, при котором объекты моделирования рассматриваются «снизу вверх», особое внимание уделяется свойствам, качествам и возможностям агентов нижнего уровня.

Каждый из рассмотренных методов имеет свои преимущества и недостатки, поэтому наиболее эффективным видится совместное использование различных подходов с целью получения как можно более точной имитационной модели морского порта.

Системный анализ предполагает в своей методике высокий уровень абстракции, что не позволяет использовать его для моделирования скоротечных оперативных транспортных процессов морского порта, однако, для моделирования общих стратегических процессов такой подход является весьма эффективным. Системный анализ используется для моделирования общих характеристик количественного характера.

Дискретно-событийное моделирование имеет в своей основе процессный подход, следовательно, более применимо к системам с высокой степенью изменчивости внутренних процессов, но с достаточно стабильной и цельной структурой всей системы.

Агентное моделирование является самым молодым из рассмотренных методов, получило свое активное развитие только в начале XXIвека. Используется для моделирования нестрогих систем, где отсутствует жесткая иерархическая связь элементов. Агентная модель – это ряд взаимодействующих интеллектуальных активных объектов, связи между которыми отражают их отношения в реальном мире.

На данный момент существует достаточно много специализированных и универсальных программно-аппаратных комплексов, которые могут быть использованы для анализа данных и процессов морского грузового терминала, однако, ни один из них не способен обеспечить полное информационное покрытие требуемых расчетных параметров. По этой причине следует определить, какие методы анализа и моделирования требуется применить для

получения корректных данных по работе морского порта и, сообразно с этими требованиями, задействовать то или иное программное обеспечение.

Процессный подход к организации управления предприятием признан наиболее перспективным. В соответствии с ним вся деятельность предприятия представляется в виде множества бизнес-процессов. Бизнес-процесс — это упорядоченный по времени набор заданий, выполняемых как людьми, так и информационно-технологическими системами предприятия, который направлен на достижение заранее известной цели в заданный лимит времени. В случае применения данного подхода к морскому порту целью является обработка и перевалка грузового потока через портовую инфраструктуру.

Вследствие поставленной задачи возникает потребность в гибких информационных системах, реализующих процессный подход к управлению - они получили название систем управления бизнес-процессами, или BPM-систем (Business Process Management). Важной особенностью таких программных продуктов является поддержка быстрой разработки и изменения бизнес-процессов предприятия без обновления программного кода, с использованием лишь графической среды разработки, которая доступна управляющему персоналу и специалистам оперативного управления потоками.

Управление бизнес-процессами- активно развивающаяся область, и на сегодняшний день остро стоит вопрос стандартизации определений, теорий, подходов к управлению потоковыми системами. Различные авторы используют такие понятия, как BPM-системы, WorkFlow-системы, DocFlow-системы, EAI (Enterprise Application Integration) и др.

В качестве системы для анализа процессов морского порта можно использовать сети Петри. Сети Петри - математический аппарат для моделирования динамических дискретных систем. Впервые были описаны К. Петри в 1962 году. Популярность сетей Петри вызвана удачным представлением различных типов объектов, присутствующих во многих моделируемых системах, и дискретно-событийным подходом к моделированию. Данный инструмент моделирования систем обладает широкими возможностями для описания

взаимосвязей и взаимодействий параллельно работающих процессов, используются для исследования дискретных, асинхронных, параллельных, распределенных, недетерминированных систем, благодаря наглядности представления их работы, развитому математическому, программному аппарату анализа. Анализ сетей Петри позволяет исследователю получить полную информацию о внутреннем устройстве и динамических процессах моделируемой системы.

Сеть Петри имеет четыре базовых элемента: позиции, переходы, дуги и фишки (маркеры). Формализм рассматриваемого метода позволяет широко интерпретировать каждое из понятий и соответственно применять в различных областях, требующих имитационного моделирования. Объектом теоретического исследования сетей Петри является процесс их функционирования, т.е. возможные последовательности срабатывания переходов и свойства получаемых при этом разметок сети, следовательно можно говорить о процессном подходе к изучению моделируемой системы [10, 11, 25, 26, 30, 49].

В современной науке классические сети Петри в их изначальном виде практически не используются, однако, методы, базирующиеся на данной теории, имеют заслуженную популярность. Особенно часто практикуют применение цветных сетей Петри и Workflow-сетей. По мнению автора, в вопросе выбора подкласса сетей Петри для моделирования транспортных процессов морского порта наиболее подходящим является теоретический аппарат Workflow-сетей, которые подробно описаны в [116-118].

Сеть Петри называется сетью потоков работ Workflow (по определению Ван дер Аалста), если выполняются следующие условия:

- существует только одна исходная позиция « i », такая, что отсутствуют входящие в нее переходы;
- существует только одна конечная позиция « o », такая, что отсутствуют выходящие из нее переходы;
- каждый узел данной сети расположен на пути от « i » к « o ».

WorkFlow-системы - это полная или частичная автоматизация процессов, при которой информация, документы, операции передаются между участниками системы для их дальнейшей обработки и выполнения согласно установленным в конкретной системе правилам и алгоритмам.

Рассматривая структуру организации морского порта, за исходную позицию можно принять рейд, через который проходит каждое судно с партией груза, за конечную позицию – выезд с территории порта на любом виде транспорта. Данное распределение приемлемо при обработке импортного потока грузов, при изучении экспортного потока грузов исходная и конечная позиции меняются местами без изменения общей структуры сети.

При использовании WorkFlow-сетей можно представить движение грузовой партии через инфраструктуру морского порта, как трассу (последовательность переходов), соединяющую элементы внутрипортовой технологической цепи. В процессе прохождения трассы грузовой партией (маркер в терминологии WorkFlow-сетей) проходит через множество элементов технологической цепи (состояний) путем выполнения операций по обработке груза (движение по аркам, соединяющим состояния).

Поскольку прохождение грузовой партии через морской порт тесно связано с оформлением необходимой документации, то есть потребность в одновременном применении WorkFlow и DocFlow-систем (поток документации). В DocFlow любую деятельность можно представить в виде документов, передающихся между их редакторами по определенному маршруту в соответствии с заданными правилами.

Для DocFlow-систем, так же как и для WorkFlow-систем, существуют схемы в виде графов, которые состоят из узлов, соединенных различными переходами. По графам перемещаются не маркеры, а «корзины» документов. В DocFlow-системах данные содержатся внутри документов, которые непосредственно перемещаются по схеме документооборота.

DocFlow-системы стали наследниками бумажного документооборота. Отсюда и их естественные ограничения, например, с документом можно

совершить ограниченный набор действий: одобрить или отказать, завизировать, удалить, внести правку и т.п. Обычно системы документооборота дополняются системами хранения образов бумажных документов. Основным преимуществом систем документооборота является возможность их быстрого внедрения на предприятии, если уже налажен на высоком уровне бумажный документооборот.

Улучшение действующих систем может быть проведено по нескольким вариантам:

1.Реструктуризация - изменение структуры процессов, базирующееся на создании параллельных линий или на дополнении системы методами контроля.

2.Регулирование - совершенствование системы контроля без смены структуры.

3.Интервенция - внесение изменений в локализованный проблемный участок общей структуры.

4.Поддержка- оперативное управление процессами, прогнозирование событий, выработка рекомендаций.

Основой любой техники анализа протекающих процессов является анализ существующего архива данных. По этой причине важно понимать правила записи информации в журнал, правила ее использования. Ниже приведены принципы работы с архивными данными в рамках единой информационно-логистической системы:

1.Единый понятийный аппарат – имена атрибутов, ресурсов, выполняемых операций должны быть строго определены для всех участников транспортного процесса.

2.Структурированная коллекция имен - весь понятийный аппарат разбит на группы и каждый атрибут должен быть отнесен к наиболее близкой для себя группе.

3.Стабильность взаимоотношений элементов транспортного процесса - отношения должны быть независимы от текущего контекста событий, т.е. не иметь привязки ко временному фактору, региону, языку. Данное правило

позволяет использовать имитационное моделирование процессов в разных формах представления информации (BPMN, сети Петри, Workflow-сети).

4. Значения атрибутов максимально точны - уменьшение погрешностей ведет к повышению эффективности применения имитационного моделирования.

5. Обозначение недостаточной точности - в случае, если невозможно достаточно точно определить значение атрибута, необходимо обязательно указать это в журнале событий.

6. Проверка корректности информации - регулярные проверки информации, заносимой в журнал событий, с целью определения утечек информации, появления неточностей в записи данных.

7. Стабильность записи событий - применение одних и тех же принципов обработки и записи информации в журнал событий.

8. Хранение архивных данных - сохранение уже созданного журнала событий за период времени, достаточный для глубокого анализа текущих процессов.

9. Конфиденциальность - необходимость предотвращения утечки информации без потери значимых отношений элементов транспортных процессов, т.е. описание деятельности без описания индивидуальности.

Учитывая, что морской порт – структура разнородная, обладающая внутренней специализацией, стоит применить декомпозицию транспортной логистической системы на элементы более однородные. Целесообразно рассмотреть разбиение общей схемы на подсистемы по типу обслуживаемых грузов или по используемым технологическим линиям. В идеальном случае видится специализация причалов на определенной номенклатуре грузов, чтобы выделить относительно независимые транспортные технологические линии внутри порта, которые объединены в единую информационную логистическую сеть и имеют возможности взаимодействия при необходимости, например, обмен ресурсами или исполнителями операций в случае критической нехватки на одном участке и избытке на другом.

Данное решение обусловлено тем, что цельная транспортная логистическая система морского порта обладает высокой степенью неопределенности для прогнозирования поведения в той или иной ситуации, но более однородные подсистемы легче поддаются как модернизации, так и управлению.

Существует несколько способов модификации существующей системы распределения грузовых потоков внутри порта, самым используемым из них является метод симуляции, т.е. создание множества возможных вариантов технологических внутрипортовых процессов на базе модели «Как есть» с целью выбора из них оптимального варианта. Тестирование вновь созданных имитационных моделей проводится при использовании существующего журнала событий. При симуляции данных в новой модели используются только начальные характеристики грузовой партии без учета дальнейшего прохождения в модели «Как есть». Далее на основе новых правил, внесенных в имитационную модель, используя новые или модифицированные алгоритмы прохождения груза через инфраструктурную сеть, проводится тестирование, результатом которого является новый виток анализа технологической сети и сравнение с уже существующим вариантом. Для применения метода симуляции необходимы следующие исходные данные:

- номенклатура доступных ресурсов на каждом этапе;
- количество свободных ресурсов;
- момент времени, когда ресурсы свободны;
- задачи и скорость выполнения операций;
- иные данные о протекающих процессах.

Метод позволяет экспериментировать с моделью, вводить параллельность процессов, добавлять или убирать связи между элементами. Новый вариант, полученный при симуляции, может на разных участках технологической цепи уступать или превосходить схему «Как есть». В таком случае следует оставить удачно смоделированные отрезки и провести дополнительный этап симуляции технологической сети только для участков, где улучшений базовой схемы не

произошло. В целом метод симуляции возможных вариантов является эффективным с учетом применения новейших информационных разработок, позволяющих в короткие сроки обрабатывать большие объемы данных. Однако, существует риск, что наиболее удачная схема не была смоделирована по причине сложности распознавания потенциально самой успешной схемы из смоделированных. Наблюдателю приходится выбирать из огромного набора моделей, предвидеть развитие которых при последующем анализе практически невозможно. Полноценная обработка всех моделей займет слишком большой объем времени.

Еще одним доступным методом имитационного моделирования является создание моделей морского порта на основе измененного журнала событий, т.е. предлагается изменить архивные данные и привести их к желаемому виду – убрать проблемные места, увеличить количество ресурсов или производительность исполнителей.

При использовании указанного метода результатом станет только одна возможная модель, которую в дальнейшем можно анализировать и изменять различными программными инструментами. На сегодняшний день существует достаточно много программно-аппаратных комплексов, способных моделировать и анализировать сложные системы в различных форматах данных. Среди наиболее функциональных и удобных информационных продуктов можно выделить AnyLogic, ProM, Disco, MATHLAB, VisSim, GPSS, AutoMod, NetLogo, Repast, BizAgi.

2.2. Аналитический подход к определению продолжительности и производительности грузовой операции

По определению, приведенному в [40]: "Технологическая операция – часть перегрузочного процесса, характеризующаяся определенной целенаправленностью (начальная операция, перемещение, конечная операция), рабочим местом (трюм,

вагон, склад и др.), организационно-техническими условиями. В технологической схеме перегрузки груза, кроме начальной и конечной операций, в зависимости от условий и способа производства работ может быть одна или несколько операций перемещения и передачи. Целью начальной операции является осуществление захвата груза в исходном его положении грузозахватным органом. В зависимости от рода груза, условий и способа производства работ, захвату груза могут предшествовать более или менее трудоемкие и продолжительные действия по подготовке груза, включающие местное (в пределах данного рабочего места) перемещение порожнего грузозахватного приспособления и отдельных мест груза для формирования «подъема» («пакета») подлежащей массы.

Техническая производительность любого звена механизированной линии – это производительность, достигнутая при полном использовании производственных возможностей рабочего места в конкретных производственных условиях. Техническая производительность лимитирующего звена механизированной линии соответствует расчетной производительности всей линии".

Стояночное время рейса складывается из времени, затрачиваемого на погрузочно-разгрузочные работы и на вспомогательные операции. Стояночное время под грузовыми операциями определяется судо-суточными нормами. Эти нормы устанавливают, сколько груза (в тоннах) должно погружаться на судно или выгружаться из него в данном порту за сутки.

Согласно Кузнецову А.Л. и Кириченко А.В. [40], при расчете продолжительности выполнения грузовой операции необходимо использовать коэффициент использования машины по времени в течение смены, учитывающий перерывы на техническое обслуживание и ремонт машины, смену рабочего оборудования, перемещение машины по территории объекта, потери времени по метеорологическим условиям, отдых машиниста и т.п. и коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста и качество управления, значение коэффициента изменяется в границах от 0,85 до 0,95.

Способ расчета времени выполнения грузовой операции не указан напрямую, однако указана формула (2.1) для расчета норматива погрузки, т.е. производительности.

$$M_B = \frac{\sum Q}{t_B} \quad (2.1)$$

где, M_B - валовая норма грузовых работ в порту;

$\sum Q$ - суммарное количество обрабатываемого груза;

t_B - валовое время стоянки судна под грузовыми операциями.

Из приведенного выражения можно выразить t_B , и таким образом получить валовое время именно для обработки судна, однако, подобный подход также применим и к перегрузочным процессам, протекающим на складах грузового терминала. Валовое время будет рассчитываться по классической формуле отношения общего объема работ к производительности работ (2.2).

$$t_B = \frac{\sum Q}{M_B} \quad (2.2)$$

Производительность перегрузочных работ указана в рабочих технологических картах морского порта для каждого вида обрабатываемого груза и каждого возможного набора вспомогательной техники и грузозахватных устройств.

В работах Кулаженко В.Ф. и Филипповой Д.А. [102] техническая производительность грузовой операции описана как (2.3):

$$P_T \geq K_p \frac{J^p}{N_{фр} K_{тех} K_{гп}}, \quad (2.3)$$

где J^p - расчетная интенсивность работы перегрузочного оборудования при обработке судна;

$N_{фр}$ - количество прикордонных машин;

K_p - коэффициент увеличения производительности ведущей машины из условия обеспечения необходимого резерва пропускной способности причала, принимается K_p от 1,25 до 1,35;

$K_{\text{тех}}$ - коэффициент, учитывающий снижение технической производительности машины из-за работы механизмов со скоростями ниже паспортных, неполного заполнения грузозахватного органа, из-за отклонения траектории перемещения груза от оптимальной;

$K_{\text{тп}}$ - коэффициент, учитывающий снижение технической производительности вследствие технологических потерь в процессе грузовой обработки транспортных средств.

Произведение $K_{\text{тех}}K_{\text{тп}}$ для машин циклического действия рекомендовано принимать в границах от 0,55 до 0,6.

Для тыловых перегрузочных машин действует техническая производительность рассчитывается по формуле(2.4):

$$P_T \geq \frac{J^p}{N_T K_{\text{тех}} K_{\text{тп}}} \quad (2.4)$$

Эксплуатационную производительность перегрузочной машины предложено рассчитывать как (2.5):

$$P_э = P_T K_{\text{тех}} K_{\text{тп}} \quad (2.5)$$

В рамках диссертационного исследования использован коэффициент снижения производительности перегрузочных установок при их концентрации на причале $K_{\text{сн}}$, предложенный Казаковым А.П.. Продолжительность грузовой операции $t_{\text{гр}}$ в соответствии с [34] определяется следующей формулой (2.6):

$$t_{\text{гр}} = G_c K_{\text{сн}} / n_y P_y, \quad (2.6)$$

где $K_{\text{сн}}$ - коэффициент снижения производительности перегрузочных установок при их концентрации на причале. $K_{\text{сн}} = 1$ при $n_y = 1$, $K_{\text{сн}} = 0,9$ при $n_y = 2$, $K_{\text{сн}} = 0,8$ при $n_y = 3$;

G_c - груз, подлежащий погрузке на судно;

n_y - число перегрузочных установок на причале;

P_y - средняя эксплуатационная производительность одной установки на причале.

В методическом аппарате, предложенном Казаковым А.П., не учитывается возможность ограниченного (не полного по сравнению с требованиями РТК) выделения ресурсов для грузовой операции и влияние метеофактора на производительность грузовой операции. Метод расчета средней производительности установки на причале корректно работает в случае эксплуатации группы однотипных перегрузочных установок, но дает погрешность при эксплуатации установок, сильно отличающихся по своим эксплуатационным производительностям.

В работах Фадеева И.П. [103-105] подробным образом прописан метод расчета времени производственного цикла перегрузочного оборудования (2.7).

$$T_u = t_3 + t'_{n(z)} + t^c_{nn(z)} + t'_{on(z)} + t_{раз} + t'_{n(o)} + t_{nn(o)} + t'_{on(o)} + t_y, \quad (2.7)$$

где t_3 - время захвата груза, с;

$t'_{n(z)}$ - время подъема на высоту h , с;

$t^c_{nn(z)}$ - продолжительность поворота, с;

$t'_{on(z)}$ - время опускания с грузом, с;

$t_{раз}$ - продолжительность разгрузки, с;

$t'_{n(o)}$ - время подъема без груза, с;

$t_{nn(o)}$ - продолжительность поворота в порожнем состоянии, с;

$t'_{on(o)}$ - опускание в порожнем состоянии, с;

t_y - успокоение и наводка, с. (3 сек)

Указанный подход позволяет детально рассмотреть процесс перегрузки и выделить этапы, на которых возможна модернизация оборудования в целях ускорения перегрузочных процессов. Однако, в методике Фадеева И.П. не рассмотрен подготовительный период - отрезок времени, в котором происходит развертывание перегрузочного оборудования, задействованного в технологическом процессе.

2.3. Теория нечетких множеств

Теория нечетких множеств — это расширение классической теории множеств, используемое в нечеткой логике. Впервые предложена Лотфи А. Заде в 60-х годах XX века. Математическая теория нечетких множеств позволяет описывать нечеткие понятия и знания, оперировать этими знаниями и делать нечеткие выводы. Наиболее серьезные результаты по применению теории нечетких множеств были достигнуты в управлении техническими объектами, где удалось расширить границу приложения систем автоматизации за пределы применимости классической теории автоматического управления.

Чтобы определить лингвистическую переменную, необходимо задать ее имя, множество значений (терм-множество), представляющих собой наименование нечетких переменных областью определения, каждой из которых является множество D . Кроме этих определений, необходимо задать правила, с помощью которых из имеющихся элементов терм-множеств могут получаться новые, а также правила, согласно которым значениям лингвистической переменной ставятся в соответствие нечеткие множества. Формально это представляется выражением (2.8):

$$\langle L, T, D, G, M \rangle, \quad (2.8)$$

где L — наименование лингвистической переменной;

T — множество значений лингвистической переменной (терм-множество), определенное на D ;

G — грамматика, совокупность правил, позволяющая оперировать элементами терм-множества T , в частности генерировать новые осмысленные термы;

M — процедура, позволяющая установить соответствие между лингвистическим значением и нечетким множеством, т.е. правила вычисления функции принадлежности.

Пакет Fuzzy Logic Toolbox программного комплекса Matlab поддерживает разработку нечетких систем: их создание, исследование, проектирование, моделирование, внедрение в режим реального времени. Функциональные

возможности пакета реализуют большинство современных нечетких технологий, включая нечеткий логический вывод, нечеткую кластеризацию и адаптивную нейро-нечеткую настройку (ANFIS).

Ключевыми особенностями этого пакета являются:

- специализированные GUI-модули для создания нечеткого вывода;
- реализация алгоритмов нечеткого вывода Сугено и Мамдани;
- библиотека функций принадлежности;
- настройка функций принадлежности ANFIS-алгоритмом;
- возможность внедрения систем нечеткого вывода в Simulink через модуль Fuzzy Logic Controller.

Основной проблемой, мешающей применению теории нечетких множеств при решении практических задач, является то, что функция принадлежности должна быть задана вне самой теории и, следовательно, ее адекватность не может быть проверена непосредственно средствами теории. В каждом известном методе построения функции принадлежности формулируются свои требования и обоснования к выбору именно такого построения.

Пакет FuzzyLogicToolbox программного комплекса Matlab описан в [26] и предоставляет выбор из следующих моделируемых функций принадлежности:

1. **Кусочно-линейные функции** - функции, использующие кусочно-линейную аппроксимацию:
 - a. trimf - треугольная функция;
 - b. trapmf - трапецевидная функция;
2. **Гауссовское распределение** - позволяет задать ассиметричную функцию, на всей своей области принимают ненулевые значения:
 - a. gaussmf - симметричная гауссовская функция;
 - b. gauss2mf - двухсторонняя гауссовская функция;
 - c. gbellmf - обобщенная колоколообразная функция;
3. **Сигмоидная функция** - функция, основанная на построении сигмоидной кривой:

- a. sigmf;
- b. dsigmf;
- c. psigmf;

4. Квадратические и кубические кривые - функция с применением полиномиальной аппроксимации:

- a. zmf;
- b. smf;
- c. pimf.

Фиксирование конкретных значений из интервала $[0,1]$, которыми оценивается степень принадлежности, имеет субъективный характер. С одной стороны, для экспертных методов существенным является характер измерений (первичный или производный) и тип шкалы, в которой получают информацию от эксперта и которая определяет допустимый вид операций, применяемых к экспертной информации. С другой стороны, имеется два типа свойств: те, которые можно непосредственно измерить, и те, которые являются качественными и требуют попарного сравнения объектов, обладающих рассматриваемыми свойствами, чтобы определить их относительное место по отношению к рассматриваемому понятию. Таким образом, построение функции принадлежности выполняется по экспертным оценкам.

В настоящее время теория нечетких множеств активно используется в автоматизации управления. Варианты использования нечетких множеств в сфере транспорта указаны в статьях [5, 9, 13]. В рамках рассматриваемой в диссертационном исследовании предметной области теория нечетких множеств и нечеткая логика могут быть применены для создания прогнозов по времени выполнения перегрузочных процессов, как это показано в статье [85], и для определения значений поправочных коэффициентов, которые не имеют четкого математического описания, но могут быть получены на основе экспериментальных или архивных данных морского грузового терминала.

2.4. Автоматизированные системы управления перегрузочными процессами

В современной науке наблюдается рост исследований в области интеллектуальных систем [68, 96]. Целями внедрения интеллектуальной автоматизированной системы управления (АСУ) являются: обеспечение прозрачности технологических процессов терминала, ускорение обработки грузов и транспорта, оптимизация использования техники и снижения эксплуатационных расходов, предоставление оперативной и систематизированной отчетности.

На сегодняшний день наибольший прогресс в области внедрения автоматизированных систем управления в морском порту замечен в применении к работе контейнерных терминалов. Среди российских АСУ стоит выделить программно-аппаратный комплекс Solvo[20].

Solvo.TOS – это комплексная автоматизированная система управления контейнерным терминалом, охватывающая процессы приема, хранения, обработки и отгрузки контейнеров на контейнерном терминале, а также документооборот контейнерного терминала в режиме реального времени.

Среди клиентов, использующих Solvo.TOS, «Первый контейнерный терминал» (ПКТ), «Усть-Лужский Контейнерный Терминал» (УЛКТ), сухой терминал «Логистика-Терминал» в Санкт-Петербурге, входящие в Национальную Контейнерную Компанию (НKK), контейнерные терминалы холдинга «Новороссийский морской торговый порт» (НМТП), такие как контейнерный терминал «НМТП», «Балтийская Стивидорная Компания».

Целями системы Solvo.TOS являются:

1. Снижение времени обработки судов.
2. Снижение времени нахождения грузов и контейнеров на терминале.
3. Снижение числа перестановок контейнеров во время хранения.
4. Сокращение времени на обработку транспортных средств.

5.Предоставление информации по наличию и движению контейнеров подразделениям терминала и сторонним пользователям (экспедиторам, агентам и др.).

6.Предоставление возможности оформления и передачи документов в режиме удаленного доступа (Web-доступ).

В совокупности с рассматриваемой системой работает система единого документооборота Solvo.DMS, функциями которой являются:

1.Автоматизация учета и планирования обработки контейнеров и транспортных средств на контейнерном терминале.

2.Учет всех коммерчески значимых операций по обработке контейнеров и транспортных средств, необходимых для расчетов с клиентами (агентами и экспедиторами) для последующей тарификации услуг терминала и выставления счетов за оказанные услуги.

Для осуществления оперативного контроля и управления перегрузочными процессами разработан продукт Solvo.CTMS, в функции которого входят:

- 1.Управление движением погрузочной техники.
- 2.Управление обработкой автомобильного транспорта.
- 3.Управление обработкой судна и составление планов погрузки/разгрузки.
- 4.Управление обработкой железнодорожного транспорта.
- 5.Организация обработки контейнеров на таможенной площадке.
- 6.Размещение контейнеров на терминале (поиск места) по различным критериям.
- 7.Планирование работ.
- 8.Оптимизация движения перегрузочной техники.
- 9.Фиксация всех событий, происходящих на терминале, в режиме реального времени.
- 10.Формирование работ на радиотерминалы погрузочной техники.
- 11.Выдача заданий на радиотерминалы.

12. Обработка данных системы спутникового позиционирования (GPS).
13. Обработка запросов от пользователей.
14. Формирование отчетов.

Задачи комплексного решения АСУ контейнерного терминала показаны на рисунке 2.2.

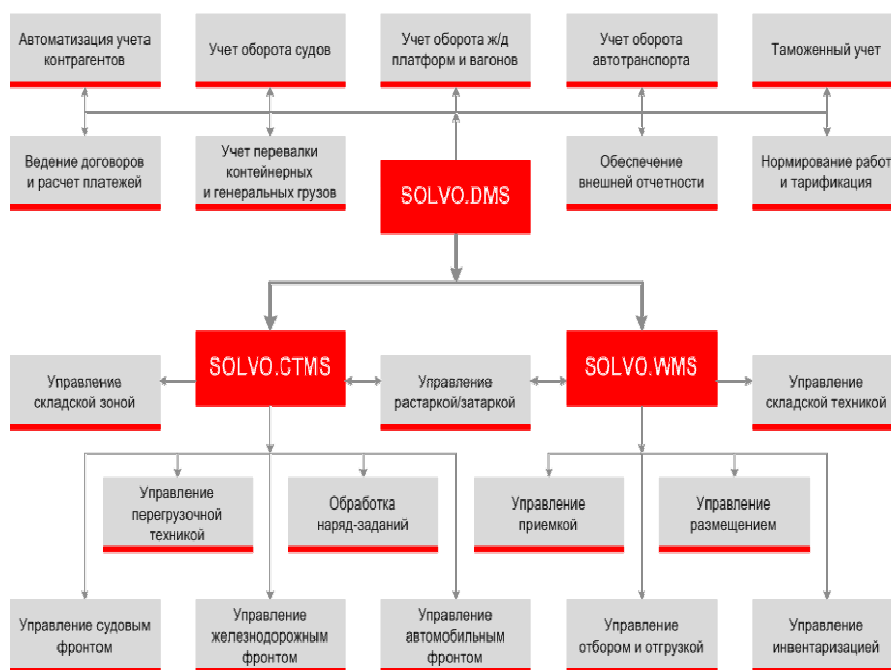


Рисунок 2.2 – Задачи АСУ Solvo

Аппаратная архитектура Solvo.TOS включает в себя следующие компоненты:

– Сервер приложений. На сервере приложений располагается система планирования (планировщик), отвечающая за оперативную обработку событий, оптимизацию работ по перемещению контейнеров и выдачу заданий работникам терминала (приемосдатчикам контейнеров, водителям контейнеровозов, диспетчерам).

– Сервер базы данных. На сервере базы данных располагается система управления базой данных (СУБД), в которой хранится информация, необходимая для работы системы.

– Стационарные рабочие места. Рабочие места диспетчеров располагаются на клиентских рабочих станциях, интегрированных с сервером приложений и сервером базы данных. Диспетчеру предлагается набор графических инструментов, позволяющий вести наблюдение за оперативной обстановкой на терминале, принимать соответствующие решения в случае возникновения проблем, проводить необходимое планирование работ по перемещению контейнеров на терминале, производить настройку параметров системы планирования.

– Рабочие места на радиотерминалах. Рабочие места операторов радиотерминалов представляют собой текстовые формы, разработанные специально для работы на радиотерминалах, минимизирующие ручной ввод данных и предоставляющие средства защиты от неправильного ввода информации.

Применение автоматизированной системы управления контейнерным терминалом Solvo приводит к следующим результатам:

- 1.Получение точной информации о текущей обстановке для оперативного принятия решений при планировании работ.
- 2.Рациональное размещение контейнеров.
- 3.Повышение емкости терминала (в среднем на 5-10%).
- 4.Рост объемов перевалки (около 30%, включая новых клиентов).
- 5.Увеличение производительности погрузочной техники.
- 6.Сокращение пробега порожней техники (в среднем до 50%).
- 7.Повышение производительности погрузочной техники на 20-25%.

К сожалению, на сегодняшний день разработчиками программного обеспечения решена задача управления перегрузочными процессами только для контейнерного терминала. Универсальные морские порты не имеют аналогичных АСУ, что сказывается на производительности их работ.

2.5. Системы поддержки принятия решений

Система Поддержки (процессов)Принятия Решений (СППР) (англ. Decision Support System, DSS) — это компьютерная автоматизированная система, целью которой является помощь лицам, принимающим решение в сложных условиях, для полного и объективного анализа производственной деятельности.

Ранние определения СППР (в начале 70-х годов XX века)отражали следующие три вектора развития: 1) возможность оперировать с неструктурированными или слабоструктурированными задачами; 2) интерактивные автоматизированные системы; 3)разделение данных и моделей. Последнее определение не отражает участия компьютера в создании СППР, вопросы возможности включения нормативных моделей в состав СППР и др. Конструкция СППР существенно зависит от вида задач, для решения которых она создана, от доступных данных, информации и знаний.

По определению, данному в статье Параскевой А.В. в статье [61], система поддержки принятия решений (СППР) – "автоматизированная компьютерная система. Ее цель заключается в помощи людям, которые в сложных условиях принимают решение для анализа предметной деятельности, на основе методов когнитивного моделирования, нейронных сетей, ситуационного анализа и др. СППР – это комплекс программных и инструментальных средств для анализа данных, моделирования, прогнозирования и принятия управленческих решений, состоящий из приобретаемых программных продуктов, а также собственных разработок. СППР предназначена для поддержки таких решений в сложной информационной среде, результаты которых оцениваются по совокупности многих рассматриваемых одновременно критериев".

По области применения СППР делятся на:

1.Настольные - для одного пользователя, локально устанавливаемый программный продукт.

2. Корпоративные - для группы пользователей с возможностями коммуникации и редактированием принятых решений.

По способу поддержки выделяют пять видов СППР:

1. Модельно-ориентированные СППР - доступ к статистическим данным, финансовым или имитационным моделям.

2. СППР, основанные на коммуникациях - поддерживают двух и более пользователей, занимающихся общей задачей.

3. СППР, ориентированные на данные - имеют доступ к временным данным, как к внутренним так и к внешним.

4. СППР, ориентированные на документы - манипулируют неструктурированной информацией.

5. СППР, ориентированные на знания - предоставляют специализированные решения.

Стоит учитывать, для какого вида задач будет использоваться СППР. Ниже показана классификация СППР по виду задач (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 - Классификация СППР по виду задач

На рынке готовых IT-решений присутствует достаточное количество продуктов, в первую очередь направленных на координацию деятельности сотрудников, создание и выполнение проектов. Все они характеризуются функциями к сбору и обработке больших объемов информации, удобному выводу статистики, кооперации пользователей. Большая часть продуктов направлена на создание управленческих отчетов (MicrosoftProject, Адванта, Выбор). Компания Microsoftпредлагает пакет продуктов на базе Dynamics 365: подключение к динамической базе данных, анализ информации, создание отчетности, кооперация сотрудников, подключение к облачным сервисам и т.д. Однако, данная система является дорогостоящей, а время развертывания данной платформы занимает около 12 месяцев для крупных структур.

В настоящее время диспетчерская служба ПАО "НМТП" не имеет в своем техническом арсенале средств прогнозирования времени перегрузочных процессов, все решения по планированию работ принимают диспетчеры грузовых районов, основываясь на своем профессиональном опыте. В таких условиях создание настольной СППР для диспетчера грузового терминала стало бы ценным дополнением для прогнозирования перегрузочных процессов и рассмотрения вариантов организации работ в рамках краткосрочной перспективы.

Настольная СППР для диспетчерской службы должна базироваться на методике прогнозирования времени выполнения отдельно взятой операции, а также на правилах функционирования терминала, стандартных грузопотоках, рабочих технологических картах.

В данном диссертационном исследовании предложены методические основы прогнозирования времени выполнения перегрузочных процессов Восточного грузового района ПАО "НМТП".

2.6. Выводы по главе

В данной главе выполнен анализ современных информационных систем, рассмотрены основные подходы к имитационному моделированию: системный, дискретно-событийный и агентный, а также общие принципы работы с архивными данными порта в рамках единой информационной системы. Рассмотрены особенности функционирования существующих корпоративных информационных систем и систем поддержки принятия решений. Учитывая динамичность транспортных процессов морского порта, сделан вывод о невозможности применения современных КИС, ввиду их дата-ориентированной структуры. Рассмотрена возможность использования теории нечетких множеств в прогнозировании перегрузочных процессов. Так же описаны существующие методы расчета производительности перегрузочного оборудования.

Сделан вывод об эффективности применения процессо-ориентированных систем, отражающих динамично изменяющиеся события и процессы, протекающие внутри инфраструктурных сетей морского порта. Определено, что в дальнейшем акцент будет сделан на создании метода прогнозирования времени выполнения перегрузочных процессов в морском порту.

ГЛАВА 3. Метод прогнозирования времени выполнения грузовых операций

3.1. Техническая характеристика Восточного грузового района ПАО "НМТП"

Для корректного описания работы грузового терминала следует определить ресурсы, используемые для грузовых операций; задачи, выполняемые при обработке груза; территориальное деление грузового района на сегменты; подъездные пути; рабочие технологические карты, используемые на данном терминале под все обслуживаемые виды грузов; характеристики причалов.

В таблице 3.1 приведены характеристики причалов Восточного грузового района.

Таблица 3.1 - Характеристики причалов Восточного грузового района

Номер причала	Длина, м	Глубина, м
2	141	9,75
3	222	11,50
4	155	11,50
5	243	13,00
6	173	9,75

В данной работе рассматриваются основные три вида груза, которые переваливались Восточным грузовым районом в период с февраля по апрель 2017 года - чугун в чушках, уголь и брикеты железной руды. Ниже, в таблице 3.2 представлена статистика обрабатываемых грузов за приведенный период (источник: рабочие технологические карты ПАО "НМТП").

Таблица 3.2 - Статистика обрабатываемых грузов за февраль - апрель 2017г.

Вид груза	Количество, т
сульфат аммония	271
слябы	578
оборудование и машины	728
катанка	2570
сера комовая в таре	2935
брикеты железной руды	95094
уголь	90519
чугун в чушках	90781

Важное значение имеет используемая перегрузочная техника и место ее расположения. Характеристики используемых кранов и их рабочие области рассмотрены в таблице 3.3. Данные получены из технической документации диспетчерской службы ПАО "НМТП".

Таблица 3.3 - Краны Восточного грузового района

Код крана	Тип	Производительность при работе с кучи т/смена		Производительность при работе с подвозом груза т/смена		Производительность при работе с ж/д составом вагон/смена и т/смена		Обслуживаемые объекты
		Уголь	Чугун, брикеты	Уголь	Чугун, брикеты	Уголь	Чугун, брикеты	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	Альбатрос	2000	3400	1300	1700	15 / 1050	12 / 840	Причал 6 Склад 6.1 Ж/Д 1
15	Альбатрос	2000	3400	1300	1700	15 / 1050	12 / 840	Склад 6 Склад 7 Ж/Д 2
16	Альбатрос	2000	3400	1300	1700	15 / 1050	12 / 840	Склад 6 Склад 7 Ж/Д 2
17	Альбатрос	2000	3400	1300	1700	15 / 1050	12 / 840	Склад 5 Склад 4 Ж/Д 2
10	Альбатрос	2000	3400	1300	1700	15 / 1050	12 / 840	Склад 5 Склад 4 Ж/Д 2
87	Альбатрос	2000	3400	1300	1700	15 / 1050	12 / 840	Причал 2 Причал 3 Ж/Д 4
4	Альбатрос	2000	3400	1300	1700	15 / 1050	12 / 840	Причал 4

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	Аист	2500	4800	1300	2400	15 / 1050	15 / 1050	Причал 6 Склад 6.1 Ж/Д 1
1	Аист	2500	4800	1300	2400	15 / 1050	15 / 1050	Склад 6 Склад 7 Ж/Д 2
2	Аист	2500	4800	1300	2400	15 / 1050	15 / 1050	Склад 2 Склад 3 Ж/Д 3
3	Аист	2500	4800	1300	2400	15 / 1050	15 / 1050	Причал 2 Причал 3 Ж/Д 4
7	Аист	2500	4800	1300	2400	15 / 1050	15 / 1050	Причал 2 Причал 3 Склад 1 Ж/Д 4
009	Liebherrlh 120	5500	8000	2500	4000	30 / 2100	18 / 1260	Причал 6 Склад 6.1 Ж/Д 1
010	Liebherrlh 120	5500	8000	2500	4000	30 / 2100	18 / 1260	Склад 6 Склад 7 Ж/Д 2
011	Liebherrlh 120	5500	8000	2500	4000	30 / 2100	18 / 1260	Склад 5 Склад 4 Ж/Д 2
012	Liebherrlh 120	5500	8000	2500	4000	30 / 2100	18 / 1260	Склад 5 Склад 4 Ж/Д 2
013	Liebherrlh1 20	5500	8000	2500	4000	30 / 2100	18 / 1260	Склад 2 Склад 3 Ж/Д 3
102	LiebherrLP S 420	6000	9000	3000	4500	30 / 2100	18 / 1260	Причал 5 Склад 5.1 Ж/Д 1
103	LiebherrLP S 420	6000	9000	3000	4500	30 / 2100	18 / 1260	Причал 5 Склад 5.1 Ж/Д 1
104	LiebherrLP S 420	6000	9000	3000	4500	30 / 2100	18 / 1260	Причал 5 Склад 5.1 Ж/Д 1

Общее количество техники, доступной для перегрузочных и складских процессов, составляет 30 единиц, не считая краны. На терминале регулярно дежурят три бригады докеров-механизаторов, в среднем каждая по 25 человек.

В таблице 3.4 представлена вместимость складских площадок по выбранным трем видам груза. Вместимость площадок зависит от их площади и от удельного погрузочного объема груза.

Таблица 3.4 - Складские площадки Восточного грузового района

Складская площадка	вместимость угля, т	вместимость брикетов железной руды, т	вместимость чугуна в чушках, т
Склад 1	10000	20000	20000
Склад 2	12000	24000	24000
Склад 3	20000	40000	40000
Склад 4	10000	20000	20000
Склад 5	40000	80000	80000
Склад 5.1	10000	20000	20000
Склад 6	40000	80000	80000
Склад 6.1	10000	20000	20000
Склад 7	40000	80000	80000

На рисунке 3.1 показана схема грузового терминала с учетом используемых ж/д-путей, задействованных кранов (красные точки), существующих складских площадок. Рисунок 3.1 разработан автором на основе сервиса Яндекс.карты (URL: <https://yandex.ru/maps/970/novorossiysk/>) и данных ВГР.

Каждый из ж/д-путей имеет по две ветки, но одновременно обслуживается только один состав на железнодорожном пути. Ж/д-путь 1 позволяет осуществлять погрузку по прямому варианту на причалах №5 и №6, ж/д-путь 4 - на причалах №2 и №3. Ж/д-пути 2 и 3 являются внутренними линиями терминала для доставки груза на складские площадки.

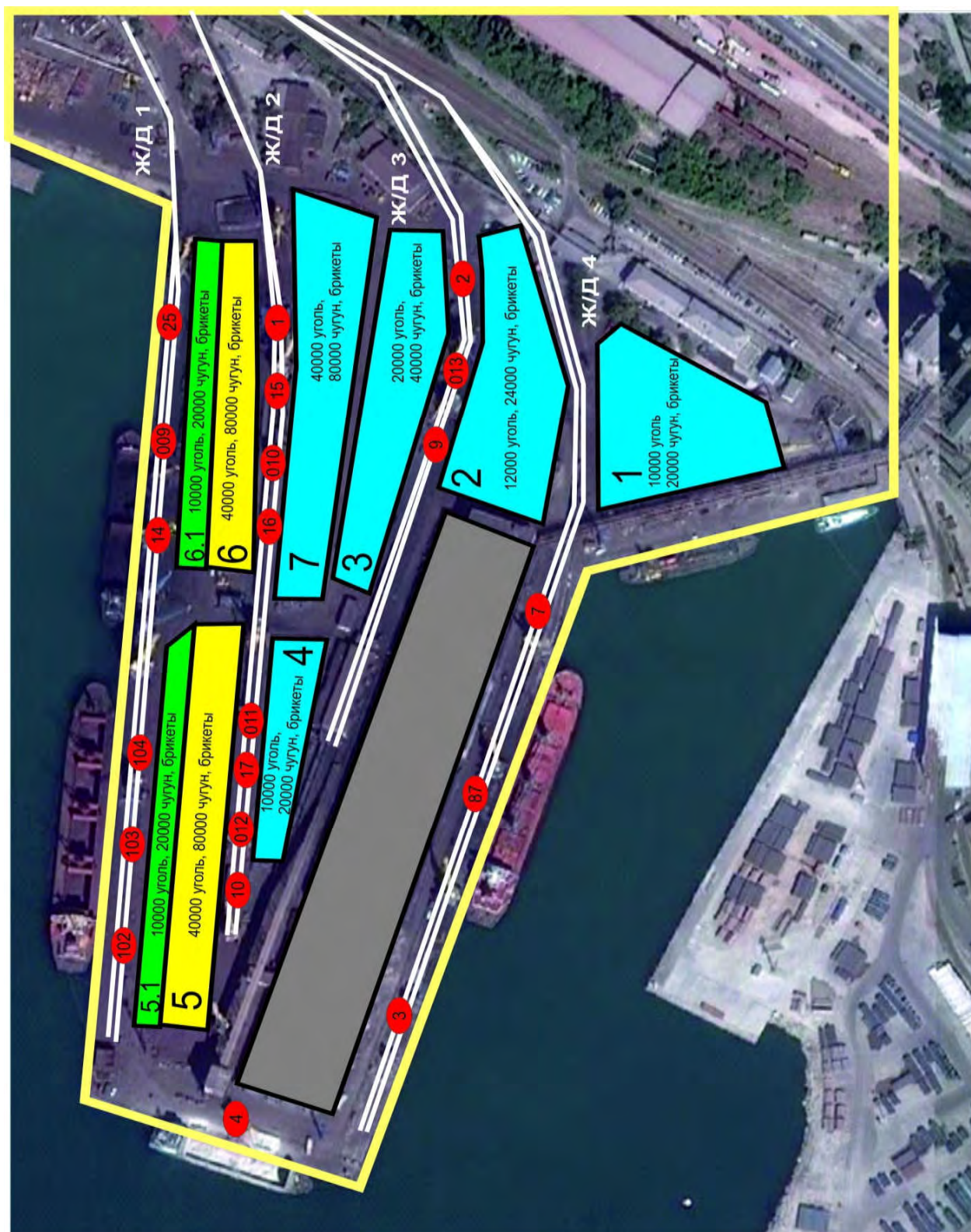


Рисунок 3.1 - Схема Восточного грузового терминала

Документом, регламентирующим погрузо-разгрузочные работы Восточного грузового района, является рабочая технологическая карта (РТК). Для указанных выше видов груза приняты следующие нормативы по РТК ПАО "НМТП" (таблица 3.5).

Таблица 3.5 - РТК Восточного грузового района

Технологическая линия	Откуда	Куда	Рнорм (т/смена) и ресурсы (докеры / вспомогательная техника / краны)		
			Уголь	Чугун	Брикеты
Вагон - судно	Ж/Д 1	Причал 5	1000 2/1/1	650 2/1/1	550 2/1/1
		Причал 6			
	Ж/Д 4	Причал 2			
		Причал 3			
Вагон - склад	Ж/Д 1	Склад 5.1	1150 1/1/1	430 1/1/1	550 2/1/1
		Склад 6.1			
	Ж/Д 2	Склад 5			
		Склад 6			
		Склад 4			
		Склад 7			
	Ж/Д 3	Склад 2			
		Склад 3			
	Ж/Д 4	Склад 1			
Склад - судно	Склад 5.1	Причал 5	1000	650	710
	Склад 6.1	Причал 6	2/1/1	2/1/1	2/1/1
Склад - "короткий подвоз" - судно	Склад 5	Причал 5	1000 3/2/2	650 3/2/2	710 3/2/2
		Причал 4			
	Склад 6	Причал 6			
	Склад 1	Причал 2			
Склад - "подвоз" - судно (2 крана: причал и склад) Или Ж/Д - "подвоз" - судно (2 крана: причал и склад)	Склад 2	Все причалы	1000 4/3/2	650 5/2/2	710 4/3/2
	Склад 3				
	Склад 4				
	Склад 7				
	Ж/Д 2				
	Ж/Д 3				
	Склад 5	Причал 2			
		Причал 3			
		Причал 6			
	Склад 6	Причал 2			
		Причал 3			
		Причал 4			
		Причал 5			
	Склад 1	Причал 3			
		Причал 4			
		Причал 5			
		Причал 6			

При использовании процессно-ориентированного подхода необходимо установить все возможные технологические связи внутри грузового терминала. Для этих целей построен граф по принципам WorkFlow, т.е. все операции направлены из начальной точки в конечную. Поскольку выбранные для работы виды груза являются экспортными, то грузовые потоки направлены в сторону рейда, как показано на рисунке 3.2 (рисунок 3.2 разработан автором на основе данных ВГР).

Данный граф показывает все возможные технологические линии, установленные РТК предприятия: вагон-судно, вагон-склад, склад-склад, склад-судно.

Для описания технологических линий наиболее удобным математическим инструментом является теория множеств. В данной области стоит отметить работу, которая в формализованном виде охватывает всю систему морского порта, основываясь на теории рисков [56]. Формально технологическую линию (ТЛ) можно представить в следующем виде (3.1):

$$ТЛ = < O, A, P, N, X, Lim > , \quad (3.1)$$

где O - множество выполняемых операций;

A - множество исполнителей или агентов;

P - множество ресурсов, используемых при выполнении операций;

N - норматив по производительности операции в час или смену;

X - множество разрешающих сигналов, в роли которых могут выступать документы, разрешающие перевозку, перегрузку и другие действия с грузом, или сигналы, указывающие на доступность какой-либо операции по причине завершения предыдущего процесса;

Lim - множество лимитирующих факторов, влияющих на общие временные характеристики портовых процессов. Включает в себя набор поправочных коэффициентов, учитывающих погодные условия, эффективность выполнения операций, возможности резервирования системы и другие факторы.

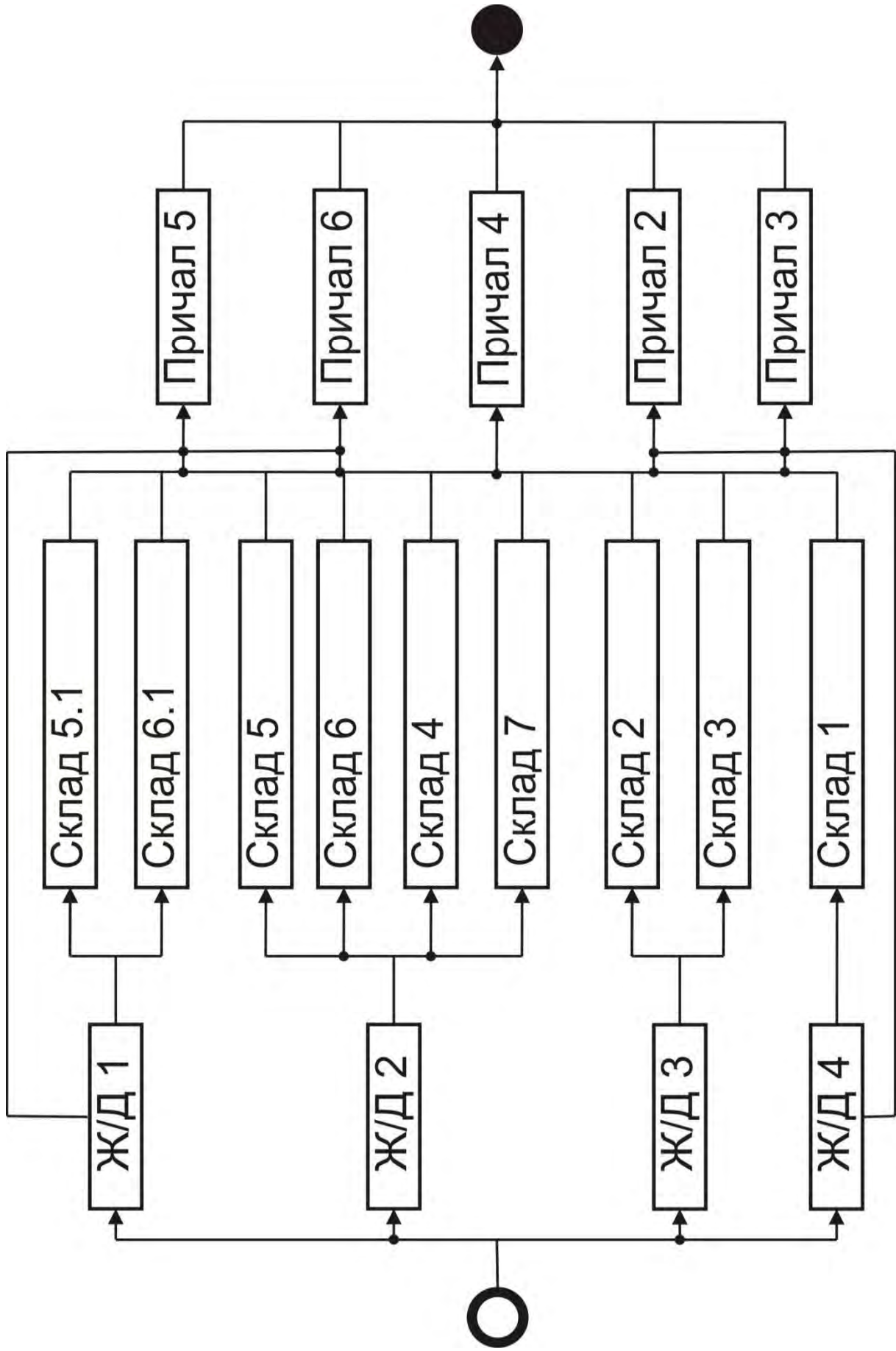


Рисунок 3.2 - Общий граф Восточного грузового района

Поскольку все параметры данного выражения являются взаимосвязанными и в общем представляют не что иное как модель реляционной базы данных, то становится возможным описание каждого элемента через отношения других элементов модели, характеризующей функционирование технологической линии. В таком случае работа исполнителя в любой момент времени выражена формулой (3.2):

$$a = \langle o \in AO, \{p_j \dots p_{j+}\} \in P, n, x, \{k_1 \dots k_h\} \in Lim \rangle, \quad (3.2)$$

где o - операция, выполняемая исполнителем в текущий момент времени;

$AO \subset O$ - подмножество выполняемых операций конкретным исполнителем;

$AP \subset P$ - подмножество ресурсов, доступных конкретному исполнителю;

n - норматив производительности конкретного исполнителя;

$AR \subset R$ - подмножество вероятностей резервирования в случае невыполнения операций рассматриваемым исполнителем;

$\{p_j \dots p_{j+}\}$ - набор ресурсов, используемых в текущий момент;

$x \in X$ - готовность к выполнению операции. Выполняет функцию разрешающего сигнала: -1 - операция запрещена, 0 - операция приостановлена, 1 - операция разрешена.

Подобное выражение можно составить и для других элементов, из которых самым интересным для изучения и практического применения представляется описание текущей операции (3.3):

$$o = \langle \{a_1 \dots a_z\} \in A, \{p_j \dots p_{j+}\} \in AP, n, x, \{k_1 \dots k_h\} \in Lim \rangle. \quad (3.3)$$

Лимитирующие факторы Lim задаются поправочными коэффициентами, которые отражают отклонение времени на выполнение перегрузочных и транспортных операций в морском порту от прогнозируемых параметров, рассчитанных при моделировании процессов с учетом архивных данных порта или нормативов по РТК. Учитывая, что некоторые РТК порта являются довольно устаревшими с точки зрения производительности грузовых операций, то применение журнала событий, при его корректном заполнении, станет приоритетным способом получения информации. Рассматривая журнал событий

морского транспортного терминала, можно вывести некие нормативы или временные лимиты на каждый вид операции, относительно которых производить прогнозирование всех текущих процессов.

Применение процессно-ориентированного подхода требует акцентировать внимание на выполнении переходов между узлами графа, следовательно необходимо определиться, какие характеристики процесса будут учитываться в исследовании и каким образом оценивать процессы.

3.2. Определение производительности грузовых операций

Важнейшей задачей портов, работающих в современных условиях является повышение их пропускной способности, которое можно выполнить двумя путями: первый – увеличение причального фронта (количества причалов), строительство новых складов, оборудование портовой инфраструктуры более современными грузопередающими устройствами; второй – внедрение передовой прогрессивной технологии управления и эксплуатации портового хозяйства, совместное планирование работы грузового терминала и смежных видов транспорта. Второй путь представляется более предпочтительным на данном этапе, так как отличается относительно невысокими затратами и не требует длительного времени реализации.

В сфере оптимизации функционирования деятельности морских портов с математической и технической точек зрения отметим научные работы [51, 57, 66, 70, 84, 91-93, 94, 96], а также работу, несвязанную напрямую с процессами грузоперевалки в морском порту [23].

Как видно из анализа эксплуатации портовых перегрузочных комплексов, по бассейнам России от 30% до 65% мощностей работают с низкими коэффициентами использования от 0,45 до 0,75. Это говорит о том, что реализуя второй путь можно в достаточно короткие сроки увеличить пропускную

способность портов без крупных финансовых затрат на инфраструктурное строительство. В [77, 78, 79] описана методика расчета коэффициента эксплуатационной эффективности цепи и отдельного элемента. В данной работе расчет производительности проведен согласно материалам статьи [88].

Каждая отдельная операция начинается с запроса необходимых ресурсов и исполнителей. Нормативы по выделению исполнителей (докеров-механизаторов) и технических средств (специализированные погрузчики, краны) той или иной операции заданы в рабочих технологических картах - внутренних документах порта, регламентирующих все перегрузочные операции и все возможные технологические линии.

В данном диссертационном исследовании будем принимать во внимание три вида ресурсов: исполнители работ (человеческий ресурс), вспомогательная техника, краны. Производительность технологической линии указана в РТК для определенного количества задействованных ресурсов - данную информацию обозначим как нормативные параметры. Однако, в некоторых случаях диспетчер может принять решение о выделении большего количества ресурсов при необходимости ускорения работ или меньшего количества ресурсов в силу дефицита ресурсов, выхода техники из эксплуатации по причине ремонта или других форс-мажорных обстоятельств.

Часто РТК представляет уже устаревшие сведения о производительности технологической линии, однако, данные по выделению ресурсов остаются актуальными. В диссертационной работе будут применяться реальные показатели техники, используемой в грузовых операциях Восточного грузового района, производительность которой будет сравниваться с базовыми нормативными показателями РТК.

Основной технической единицей, от которой зависит производительность технологической линии, является кран. Рассматриваемый терминал обладает четырьмя разновидностями кранов с различной производительностью, что отображено в расчетах производительности технологических линий.

В ходе исследования разработан метод расчета коэффициента производительности крановой группы терминала морского порта при перегрузке навалочных грузов, учитывающий количество используемых технологических линий в операциях "вагон-судно", "вагон-склад", "склад-судно" и характеристики перегрузочного оборудования ВГР. В случае перегрузки по прямому варианту при использовании одной кордонной крановой группы, расчет коэффициента производительности крановой группы выполняется по формуле (3.4).

$$K_{нкг} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ки}}{\sum P_{нормi}}, \quad (3.4)$$

где $K_{нкг}$ - коэффициент производительности крановой группы:

при $0 < K_{нкг} < 1$ прогнозируется отставание от графика в работе кранов;

при $K_{нкг} = 1$ - выполнение операции в соответствии с РТК;

при $K_{нкг} > 1$ - ускоренное выполнение операции;

n - количество задействованных кранов;

$P_{ки}$ - производительность i -ого крана (т/смена);

$P_{нормi}$ - норматив производительности i -ой технологической линии (т/смена).

При использовании схемы с подвозом груза со склада или дальних железнодорожных путей применяются две крановые подгруппы - тыловая и кордонная. Производительность крановой группы такой операции равна минимальной производительности среди подгрупп и определяется формулой (3.5).

$$K_{нкг} = \min \left(\frac{\sum_{i=1}^n P_{ккордi}}{\sum_{i=1}^n P_{норм}} K_{сн}; \frac{\sum_{j=1}^k P_{ктылj}}{\sum_{j=1}^k P_{норм}} \right), \quad (3.5)$$

где n - количество задействованных кранов кордонной подгруппы;

k - количество задействованных кранов тыловой подгруппы;

$P_{ккордi}$ - производительность i -ого крана кордонной подгруппы, (т/смена);

$P_{ктылj}$ - производительность j -ого крана тыловой подгруппы, (т/смена);

$K_{сн}$ - коэффициент снижения производительности перегрузочных установок при их концентрации на причале;

$P_{норм}$ - норматив производительности i -ой технологической линии, (т/смена).

В практике диспетчерской службы количество кранов кордонной подгруппы обычно равно количеству кранов тыловой подгруппы, т.е. $n=k$.

В ходе исследования автором разработан метод определения коэффициентов прогнозируемой и фактической производительности грузовой операции. При изменении числа задействованных ресурсов, как следствие, меняется итоговая производительность операции относительно нормативных показателей, заданных в РТК. Для оценки итоговой производительности введен коэффициент прогнозируемой производительности, который рассчитывается по формуле (3.6). Также введен коэффициент $K_{нсп}$, учитывающий падение производительности выполнения операции при дефиците выделенных ресурсов.

$$K_{nn} = K_{нсп} * K_{нк2}. \quad (3.6)$$

Определим формулу для расчета коэффициента $K_{нсп}$ как функцию от доли выделенных ресурсов относительно нормативов, указанных в РТК. Существует ограничение, что невозможно выделить ресурсов для операции более количества, указанного в РТК порта, то есть:

$$K_{нсп} = f\left(\min\left(\frac{N_{вт}}{N_{нт}}; \frac{N_{ви}}{N_{ни}}\right)\right), \quad N_{вт} \leq N_{нт}, N_{ви} \leq N_{ни}. \quad (3.7)$$

Для определения характера зависимости падения производительности грузовой операции от доли выделенных ресурсов были проанализированы данные по грузовым операциям ВГР ПАО "НМТП" за 2017 год. В анализ вошли операции, которые проходили при погодных условиях, не влияющих на производительность перегрузки (Приложение Б).

Для различных значений $\min\left(\frac{N_{вт}}{N_{нт}}; \frac{N_{ви}}{N_{ни}}\right)$ получены фактические значения $K_{нсп}$ экспериментальным путем. Усредненные значения внесены в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 - Соответствие доли выделенных ресурсов и экспериментально
рассчитанного $K_{\text{нсп}}$

$\min\left(\frac{N_{\text{вм}}}{N_{\text{нм}}}; \frac{N_{\text{ви}}}{N_{\text{ни}}}\right)$	$K_{\text{нсп}}$, усредненные экспериментальные данные
0,1667	0,1
0,25	0,2135
0,3333	0,313
0,375	0,351
0,5	0,585
0,5556	0,6306
0,625	0,7
0,6667	0,7293
0,75	0,8228
0,7778	0,8252
0,8333	0,8925
0,875	0,8986
0,8891	0,9173

Предложена математическая модель №1, основанная на корневом выражении, которая представлена в формуле 3.8. Формула предложена на основе визуального сходства графика, построенного по усредненным экспериментальным значениям $K_{\text{нсп}}$, с функцией вида $y = \sqrt{a * x} + b$.

$$K_{\text{нсп}} = \sqrt{1,1 * \min\left(\frac{N_{\text{вм}}}{N_{\text{нм}}}; \frac{N_{\text{ви}}}{N_{\text{ни}}}\right) - 0,1} - \Delta, \quad (3.8)$$

где $K_{\text{нсп}}$ - коэффициент, учитывающий нелинейное снижение производительности грузовой операции при дефиците ресурсов;

Δ - параметр, задающий нелинейное изменение производительности в зависимости от доли выделенных ресурсов относительно РТК.

$N_{\text{вм}}$ - количество выделенной вспомогательной техники;

$N_{\text{ви}}$ - количество выделенных докеров-механизаторов;

$N_{\text{ни}}$ - нормативное количество докеров-механизаторов;

$N_{\text{нм}}$ - нормативное количество выделенной вспомогательной техники.

Параметр Δ принимает следующие значения (3.9):

$$\Delta = \begin{cases} 0, & \text{при } 1 \geq \min\left(\frac{N_{вт}}{N_{нт}}; \frac{N_{ви}}{N_{ни}}\right) > 0,75 \\ 0,05, & \text{при } 0,75 \geq \min\left(\frac{N_{вт}}{N_{нт}}; \frac{N_{ви}}{N_{ни}}\right) > 0,6 \\ 0,1, & \text{при } 0,6 \geq \min\left(\frac{N_{вт}}{N_{нт}}; \frac{N_{ви}}{N_{ни}}\right) > 0,4 \\ 0,2, & \text{при } 0,4 \geq \min\left(\frac{N_{вт}}{N_{нт}}; \frac{N_{ви}}{N_{ни}}\right) > 0,15 \end{cases} \quad (3.9)$$

Средняя относительная ошибка математической модели №1 относительно экспериментальных данных составила 0,0345.

Ниже приведен рисунок 3.3, где приведены значения $K_{нсп}$, полученные экспериментально (на основе данных ВГР ПАО "НМТП") и значения $K_{нсп}$, полученные аналитическим способом по формуле (3.8).



Рисунок 3.3 - Сравнение экспериментальной функции и математической модели

Далее с помощью программного продукта EureqaPro был осуществлен поиск математических функций, способных описать зависимость снижения производительности грузовой операции от доли выделенных ресурсов. Набор лучших полученных математических функций представлен ниже, в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Подбор функций, описывающих зависимость снижения производительности грузовой операции от доли выделенных ресурсов

№ модели	Вид функции	MAPE
2	$K_{\text{HCP}} = a * \sqrt{\min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right)} - b$	0.0495
	$K_{\text{HCP}} = 1.56 * \sqrt{\min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right)} - 0.546$	
3	$K_{\text{HCP}} = a * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right) + b * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right)^2 + c$	0.0449
	$K_{\text{HCP}} = 1.9574 * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right) - 0.7512 * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right)^2 - 0.2298$	
4	$K_{\text{HCP}} = a * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right) + b * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right)^3 + c$	0.0326
	$K_{\text{HCP}} = 1.5529 * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right) - 0.4211 * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right)^3 - 0.1676$	
5	$K_{\text{HCP}} = a * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right) + b * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right)^2 + c * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right)^3 + d$	0.0223
	$K_{\text{HCP}} = 0.8991 * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right) + 1.3363 * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right)^2 - 1.2369 * \min\left(\frac{N_{\text{em}}}{N_{\text{nm}}}; \frac{N_{\text{eu}}}{N_{\text{nu}}}\right)^3 - 0.0814$	

Рассмотрим графики экспериментальной функции и функций, полученных аналитическим методом с помощью программного продукта EureqaPro.

На рисунках 3.4-3.7 показаны графики, построенные по математическим моделям №2-5.



Рисунок 3.3 - Сравнение экспериментальной функции и математической модели
№2



Рисунок 3.4 - Сравнение экспериментальной функции и математической модели
№3



Рисунок 3.5 - Сравнение экспериментальной функции и математической модели
№4



Рисунок 3.6 - Сравнение экспериментальной функции и математической модели
№5

На основе проведенного эксперимента и исследований математических функций сделан вывод, что для описания зависимости падения производительности грузовой операции от дефицита выделенных относительно нормативов РТК ресурсов наиболее точной является математическая модель №4. Следовательно далее примем, что коэффициент, учитывающий нелинейное снижение производительности грузовой операции при дефиците ресурсов будет рассчитываться по формуле 3.10.

$$K_{\text{нсп}} = 0,8991 * \min\left(\frac{N_{\text{вт}}}{N_{\text{нт}}}; \frac{N_{\text{ви}}}{N_{\text{ни}}}\right) + 1,3363 * \min\left(\frac{N_{\text{вт}}}{N_{\text{нт}}}; \frac{N_{\text{ви}}}{N_{\text{ни}}}\right)^2 - \\ - 1,2369 * \min\left(\frac{N_{\text{вт}}}{N_{\text{нт}}}; \frac{N_{\text{ви}}}{N_{\text{ни}}}\right)^3 - 0,0814 \quad (3.10)$$

Значения коэффициента $K_{\text{нн}}$ имеют те же ограничения и трактуются так же, как для коэффициента $K_{\text{нкз}}$ в формулах (3.4) и (3.5), с тем различием, что формула (3.6) учитывает помимо производительности кранов еще и количество выделенных исполнителей и вспомогательной техники относительно нормативов, указанных в РТК.

Условно примем, что квалификация всех исполнителей и скорость работы вспомогательной техники одинаковы и постоянны, следовательно, производительность всей операции будет зависеть от числа выделенных ресурсов относительно норматива. Значение коэффициента прогнозируемой производительности должно быть больше нуля.

С учетом коэффициента прогнозируемой производительности рассчитаем прогнозируемое время окончания грузовой операции (3.11).

$$T_{\text{прогноз}} = T_{\text{до}} + \frac{T_n}{K_{\text{нн}}} = T_{\text{до}} + \frac{F}{P_{\text{норм}} K_{\text{нн}}} = T_{\text{до}} + \frac{F}{P_{\text{норм}} K_{\text{нсп}} * K_{\text{нкз}}}, \quad (3.11)$$

где $T_{\text{прогноз}}$ - прогнозируемое время окончания операции с учетом выделенных ресурсов;

T_n - плановое время окончания операции, определяемое по производительности и количеству обрабатываемого груза;

$T_{ДО}$ - продолжительность дополнительных операций;

F - размер обрабатываемой партии груза в тоннах;

$P_{норм}$ - норматив производительности выбранной технологической линии.

При подстановке значения $K_{нк2}$ в формулу (3.8) получим общую формулу для вычисления $T_{прогноз}$ (3.12):

$$T_{прогноз} = T_{ДО} + \frac{F}{P_{норм} * K_{нсп} * \min\left(\frac{\sum_{i=1}^n P_{ккордi}}{\sum_{i=1}^n P_{норм}} K_{сн}; \frac{\sum_{j=1}^k P_{ктылj}}{\sum_{j=1}^k P_{норм}}\right)} \quad (3.12)$$

Расчет значений коэффициентов прогнозируемой производительности, представленных в формулах (3.4), (3.5) и (3.6), позволит диспетчерской службе грузового терминала определить, существует ли недостаток или избыток ресурсов, выделенных для выполнения грузовой операции.

Расчет прогнозируемого времени окончания операции по формулам (3.10) и (3.11) дает представление о том, соответствует ли заданная производительность планам перегрузочных работ, есть ли необходимость произвести корректировку выделенных ресурсов в сторону их увеличения или уменьшения.

Коэффициент фактической производительности рассчитывается по фактическому времени выполнения операций, не учитывая количество выделенных ресурсов и исполнителей. Необходимость вычисления коэффициента фактической производительности обусловлена постоянным устареванием РТК в следствие увеличения мощности, грузоподъемности, скорости технических средств, что отражается на производительности операций. Если значение коэффициента фактической производительности по одному виду груза в разные периоды времени регулярно превышает единицу, стоит пересмотреть стандарты, указанные в РТК в сторону повышения производительности.

Данная рекомендация по пересмотру стандартов РТК предназначена, прежде всего, для диспетчерской службы. Коэффициент фактической производительности операции выражен в формуле (3.13):

$$K_{\text{фп}} = \frac{T_{\text{п}}}{T_{\text{ф}}}, \quad (3.13)$$

где $K_{\text{фп}}$ - коэффициент фактической производительности;

$T_{\text{ф}}$ - фактическое время выполнения операций.

В идеальном случае коэффициент прогнозируемой производительности должен совпасть с коэффициентом фактической производительности ($K_{\text{пп}} = K_{\text{фп}}$), соответственно $T_{\text{прогноз}} = T_{\text{ф}}$, однако, в реальных производственных процессах зачастую происходят расхождения данных параметров, что обуславливается влиянием внешней среды и внутренних ограничений, оказывающих влияние на выполнение операции.

Выражения для вычисления коэффициентов прогнозируемой (3.14) и фактической (3.15) производительности следующих друг за другом грузовых операций представлены ниже как средневзвешенные значения коэффициентов для каждого элемента при неизменном размере грузовой партии ($F = \text{const}$):

$$K_{\text{ппц}} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i K_{\text{пп}i}}{\sum_{i=1}^N w_i}; \quad (3.14)$$

$$K_{\text{фпц}} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i K_{\text{фп}i}}{\sum_{i=1}^N w_i}, \quad (3.15)$$

где $K_{\text{ппц}}$ - коэффициент прогнозируемой производительности следующих друг за другом грузовых операций;

$K_{\text{фпц}}$ - коэффициент фактической производительности следующих друг за другом грузовых операций;

w_i - количество значений $K_{\text{пп}i}$ среди всего множества значений $K_{\text{пп}}$;

N - количество различных значений w .

Таким образом, рассматриваемая коэффициенты производительности для всей цепи, можно отметить, что для получения итогового результата "точно в срок" по всей последовательности операций не является обязательным условием получение $K_{фп}=1$ для каждой грузовой операции. Приемлем вариант, когда отставание в выполнении одной грузовой операции компенсируется ускоренным темпом другой операции.

На отклонение времени выполнения операции оказывают влияние внешние и внутренние факторы, объединенные в множестве лимитирующих факторов Lim , и набор исполнителей и ресурсов, выделенных для операции. Выразим параметр отклонения в форме функциональной зависимости (3.16):

$$\Delta T = f(a_1 \dots a_z, p_1 \dots p_j, k_1 \dots k_m), \quad (3.16)$$

Фактическое (3.17) и прогнозируемое (3.18) время выполнения операции с применением показателя отставания.

$$T_{\phi} = T_{п} + \Delta T_{\phi}; \quad (3.17)$$

$$T_{\text{прогноз}} = T_{п} + \Delta T_{\text{прогноз}}, \quad (3.18)$$

где ΔT_{ϕ} - фактическое отклонение от времени выполнения операции;

$\Delta T_{\text{прогноз}}$ - прогнозируемое отклонение от времени выполнения операции.

Формулу для вычисления ΔT представлены в формулах (3.19), (3.20).

$$\Delta T_{\phi} = T_{п} * (K_{фп} - 1); \quad (3.19)$$

$$\Delta T_{\text{прогноз}} = T_{п} * (K_{пп} - 1). \quad (3.20)$$

В таком случае значение $\Delta T > 0$ выражает запас времени при выполнении рассматриваемой операции, а $\Delta T < 0$ - дефицит времени.

Для последовательности операций общее отклонение по времени выполнения представлено в следующем виде (3.21) и (3.22):

$$\Delta T_{\phi \text{ ц}} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta T_{\phi i}}{N}; \quad (3.21)$$

$$\Delta T_{\text{прогноз ц}} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta T_{\text{прогноз } i}}{N}, \quad (3.22)$$

где $\Delta T_{\text{ф ц}}$ - фактическое отклонение от времени выполнения операций для последовательности грузовых операций;

$\Delta T_{\text{прогноз ц}}$ - прогнозируемое отклонение от времени выполнения операций для последовательности грузовых операций.

В идеальном случае отклонение по времени для последовательности равно нулю, т.е. $\Delta T_{\text{ф ц}} = \Delta T_{\text{прогноз ц}} = 0$.

В итоге выполнение последовательности грузовых операций, которое определяется как алгебраическая сумма всех временных отрезков, потраченных на последовательно выполняемые операции (3.23). Подставив в (3.24) выражение (3.6), получим следующую формулу для определения времени прохождения технологической цепи (3.23).

$$T_{\text{ц } i} = \sum_{j=1}^m T_{\text{прогноз } j} = \sum_{j=1}^m K_{\text{пп } j} * T_{\text{п } j}; \quad (3.23)$$

$$T_{\text{ц}} = \sum_{j=1}^m \min \left(\frac{N_{\text{вт } j}}{N_{\text{нт } j}}; \frac{N_{\text{ви } j}}{N_{\text{ни } j}} \right) * K_{\text{пкг}} * T_{\text{п } j}, \quad (3.24)$$

где m - фактическое число операций в последовательности грузовых операций;

j - порядковый номер грузовой операции.

Формула (3.21) актуальна только в случае, если размер грузовой партии от первой до последней операции представляет неизменную величину. В реалиях морского грузового терминала не всегда существует возможность погрузить полный объем груза на судно из одного "источника". Зачастую грузовая партия судна состоит из нескольких грузовых партий, доставленных железнодорожными составами, а также запасов складских площадок.

Так как основной задачей диспетчерской службы терминала является выполнение сменно-суточных планов, то логичным решением станет

отслеживание и контроль конкретных грузовых операций и их совокупностей (не обязательно последовательностей) с акцентом на погрузку/разгрузку судна.

3.3. Влияние метеофактора на производительность грузовых операций

Помимо производственных факторов влияние на производительность грузовых операций оказывает фактор погоды. В морском порту Новороссийск особое значение следует придавать ветровым нагрузкам. Стоит учитывать, что метеослужбы способны дать точный прогноз погоды не более, чем на три дня, точность краткосрочных прогнозов составляет порядка 93-97%. Прогнозы на больший срок имеют менее точные значения: на неделю - 85-90%, на месяц - 73-78%.

Для долгосрочных прогнозов применяются климатические карты, собранные за аналогичные периоды времени года предыдущих лет. На рисунках ниже (3.8, 3.9, 3.10) приведены основные метеопоказатели (на базе источника: URL: <http://old.meteoinfo.ru/pogoda/russia/krasnodar-territory/novorossijsk>), влияющие на работу морского порта Новороссийск.

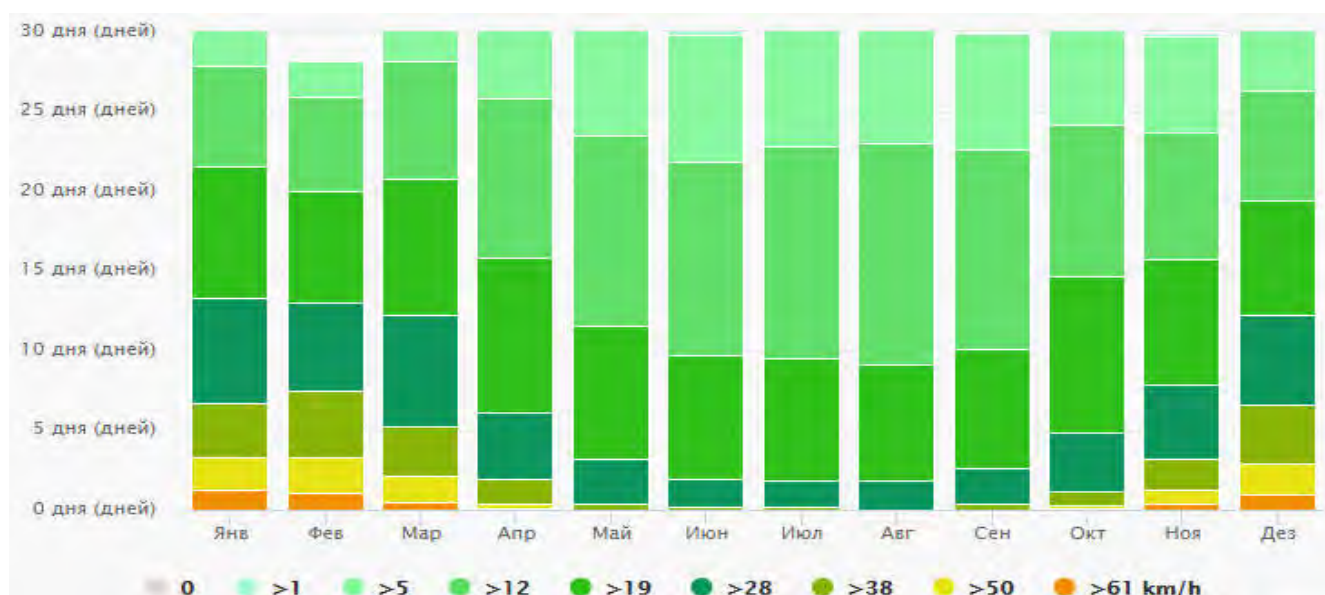


Рисунок 3.8 - Среднегодовая статистика ветровых нагрузок в порту Новороссийск

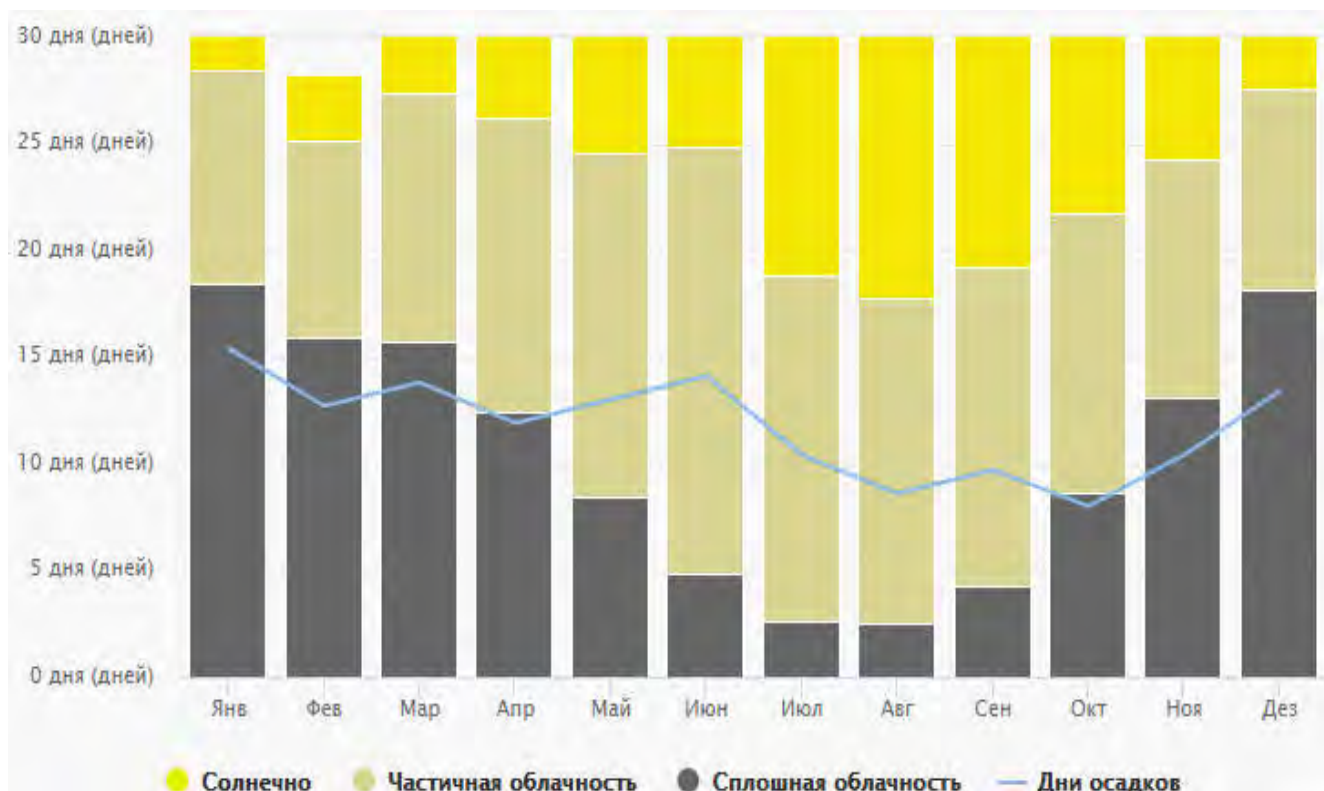


Рисунок 3.9 - Среднегодовая статистика по осадкам в порту Новороссийск

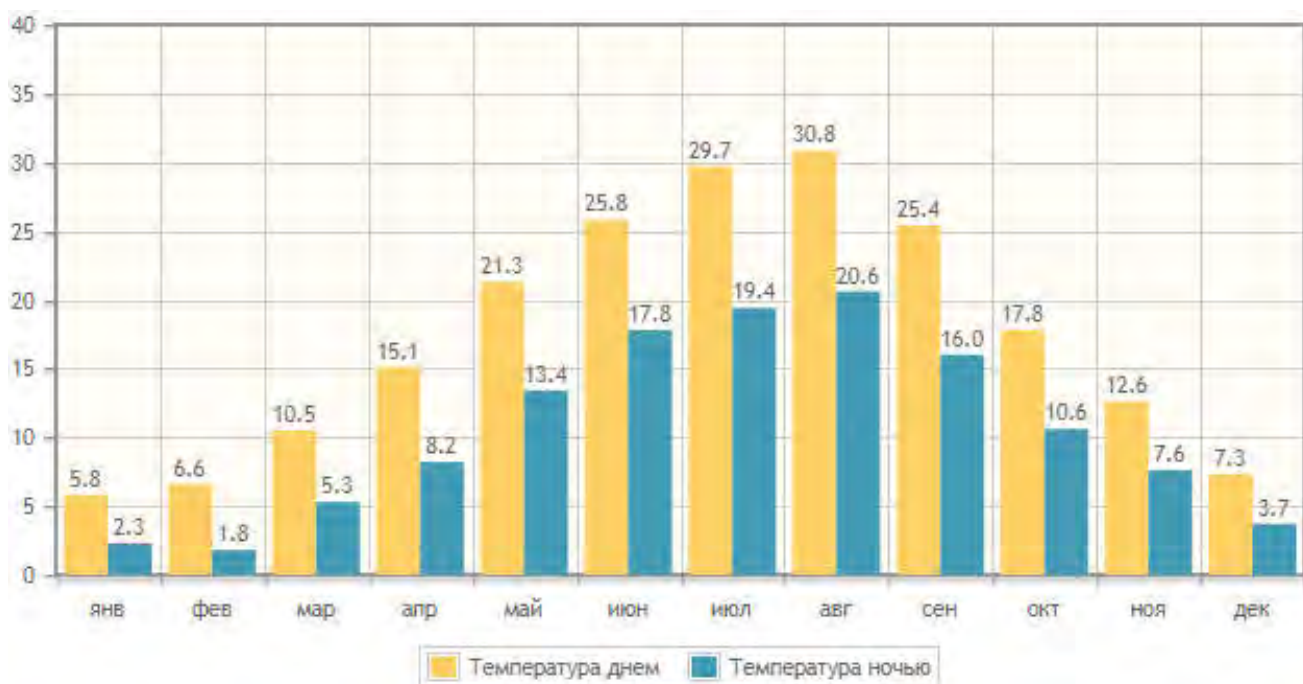


Рисунок 3.10 - Среднегодовая температура в порту Новороссийск

Поскольку среднегодовые температуры в порту Новороссийск всегда являются положительными (от 5,8 до 31°C), то в данной работе не рассматривается возможность смерзаемости груза. Однако, в случае применения

метода, разработанного автором, в другой климатической зоне с отрицательными температурами допускается возможность коррекции полученных значений производительности грузовых операций с учетом ее снижения из-за возможной смерзаемости груза.

В морском порту Новороссийск грузовые операции останавливаются при ветре свыше 20 м/с, однако, и при меньшей силе ветра присутствует влияние ветровой нагрузки на время рабочего цикла крана, а значит, и на его производительность из-за раскачивания груза и качания судна у причала. Для оценки влияния ветровой нагрузки на грузовые операции введен коэффициент снижения производительности операций из-за метеоусловий. Значения $K_{\text{метео}}$ заданы в таблице 3.8 и приняты, исходя из оценок диспетчерской службы ПАО "НМТП", а также наблюдений докеров-механизаторов.

Таблица 3.8 - Влияние метеоусловий на производительность грузовых операций

Сила ветра	Коэффициент снижения производительности из-за метеоусловий
0 – 10,7 м/с	1
10,8 – 13,8 м/с	0,95
13,9 - 15 м/с	0,9
15,1 м/с - 20 м/с	0,8
Свыше 20	0 (остановка операции)

Прогнозируемое время выполнения грузовых операций при учете метеоусловий в общем случае рассчитывается по формуле (3.25).

$$T_{\text{прогноз+метео}} = \frac{T_{\text{прогноз}}}{K_{\text{метео}}}, \quad (3.25)$$

где $T_{\text{прогноз+метео}}$ - прогнозируемое время операции с учетом выделенных ресурсов и влияния метеоусловий;

$T_{\text{прогноз}}$ - прогнозируемое время операций с учетом выделенных ресурсов;

$K_{\text{метео}}$ - коэффициент снижения производительности операций из-за метеоусловий.

При значении коэффициента снижения производительности операций из-за метеоусловий $K_{\text{метео}} = 0$, формула (3.24) не действует, в данном случае нулевое значение расценивается как логическая переменная, означающая запрет выполнения перегрузочных работ.

Временные отрезки действия метеоусловий и выполнения грузовой операции на временной оси могут находиться в пяти взаимных расположениях:

- временной отрезок действия метеоусловия целиком входит во временной отрезок выполнения грузовой операции;
- временной отрезок метеоусловия целиком включает в себя временной отрезок выполнения грузовой операции;
- временной отрезок выполнения грузовой операции включает в себя начальную часть временного отрезка действия метеоусловия;
- временной отрезок выполнения грузовой операции включает в себя конечную часть временного отрезка действия метеоусловия;
- временные отрезки выполнения грузовой операции и влияния метеоусловия не совпадают.

При рассмотрении влияния метеоусловий примем во внимание, что погодный фактор может только уменьшить производительность операции, т.е. всегда $T_{\text{прогноз+ метео}} \geq T_{\text{прогноз}}$, это означает, что момент завершения грузовой операции будет либо оставаться на том же месте на оси времени, либо сдвигаться в сторону увеличения. В таком случае существует вероятность, что при сдвиге момента завершения грузовой операции в обновленный временной отрезок выполнения операции войдет новое метеоусловие, влияние которого тоже следует учесть. Таким образом, расчет влияния метеоусловий на производительность и время выполнения операций следует выполнять последовательно, начиная с первого влияющего на операцию метеопериода, последовательно просматривая все последующие метеопериоды, находящиеся правее по оси времени.

Для расчета окончательного прогнозируемого времени грузовой операции, принимая во внимания выделенные ресурсы и метеоусловия, следует учитывать,

как взаимоотносятся на оси времени отрезки действия метеоусловия и прогнозируемой продолжительности выполнения грузовой операции.

В случае, если временной отрезок выполнения грузовой операции целиком входит в временной отрезок действия метеоусловия возможны следующие случаи сдвига прогнозируемого времени операции из-за метеоусловий (рисунки 3.11, 3.12, 3.13).

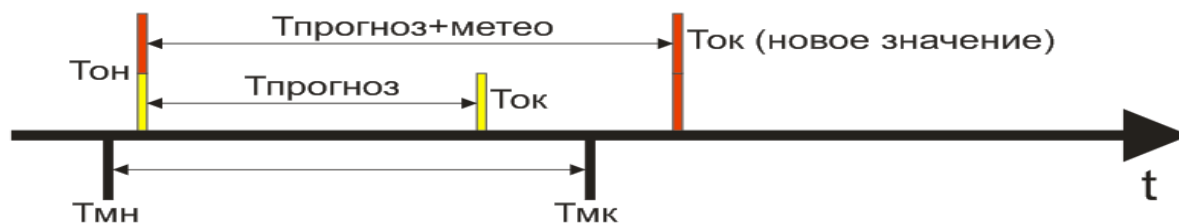


Рисунок 3.11 - Влияние погоды при условии, что операция целиком входит в метеопериод $0 < K_{метео} < 1$

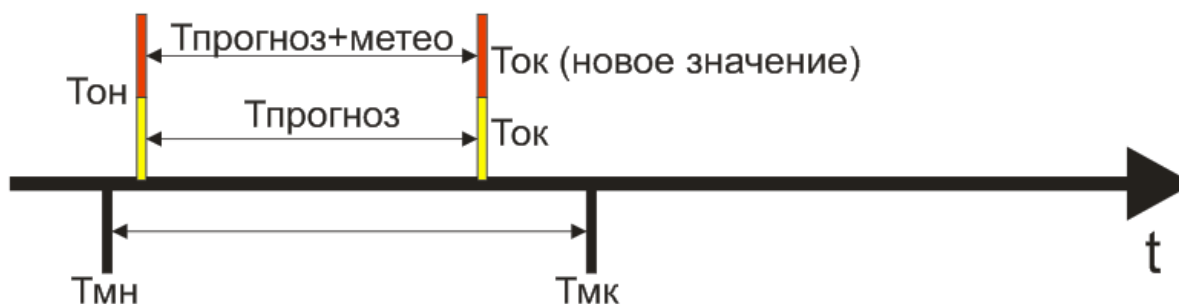


Рисунок 3.12 - Влияние погоды при условии, что операция целиком входит в метеопериод $K_{метео} = 1$



Рисунок 3.13 - Влияние погоды при условии, что операция целиком входит в метеопериод $K_{метео} = 0$

В итоге прогнозируемое время выполнения операции с учетом метеоусловий, в случае, если временной отрезок выполнения грузовой операции

целиком входит во временной отрезок действия метеоусловия, будет рассчитываться с помощью системы уравнений (3.26).

$$T_{\text{прогноз+метео}} = \begin{cases} T_{\text{мв}} = T_{\text{мк}} - T_{\text{он}}; \\ T_{\text{прогноз}}, \text{ при } K_{\text{метео}} = 1; \\ T_{\text{прогноз}} + T_{\text{мв}}, \text{ при } K_{\text{метео}} = 0; \\ T_{\text{прогноз}}/K_{\text{метео}}, \text{ при } 0 < K_{\text{метео}} < 1 \end{cases} \quad (3.26)$$

где $T_{\text{прогноз}}$ - прогнозируемое время выполнения грузовой операции без учета метеофактора;

$T_{\text{прог ноз+ метео}}$ - итоговое прогнозируемое время с учетом метеофактора;

$K_{\text{метео}}$ - коэффициент снижения производительности грузовой операции из-за метеофактора;

$T_{\text{мк}}$ - момент окончания влияния текущего метеоусловия на производительность грузовой операции;

$T_{\text{он}}$ - момент начала грузовой операции.

При значении $K_{\text{метео}} = 1$ влияние на грузовую операцию не происходит, поскольку погода считается идеальной и не снижает производительность перегрузочного оборудования. Соответственно, прогнозируемое время выполнения операции $T_{\text{прогноз}}$ является конечным значением в рамках данного метода прогнозирования.

При значении $K_{\text{метео}} = 0$ погодный фактор имеет определяющее значение, поскольку при данном статусе грузовые операции запрещены, следовательно, выполнение перегрузочных процессов может быть начато исключительно после того, как данное метеоусловие перестанет действовать. Как показано на рисунке 3.13, выполнение операции переносится по временной оси за рамки действия метеоусловия со значением $K_{\text{метео}} = 0$.

В случае, если временной отрезок действия метеоусловия целиком входит во временной отрезок выполнения грузовой операции, возможны следующие случаи сдвига прогнозируемого времени операции из-за метеоусловий (рисунки 3.14, 3.15, 3.16).

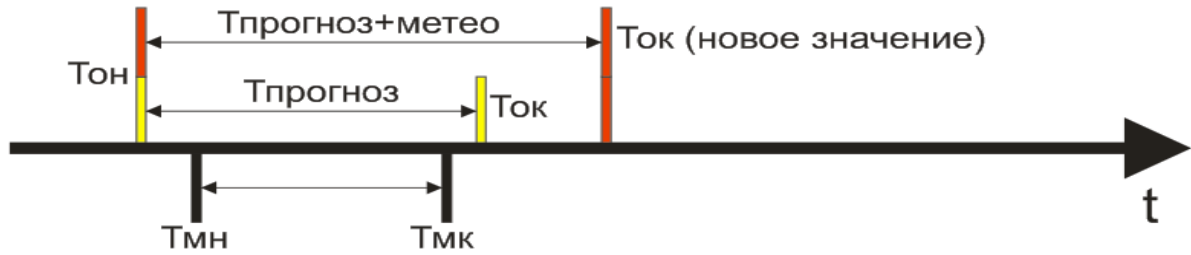


Рисунок 3.14 - Влияние погоды при условии, что метеопериод целиком входит в период выполнения грузовой операции $0 < K_{метео} < 1$

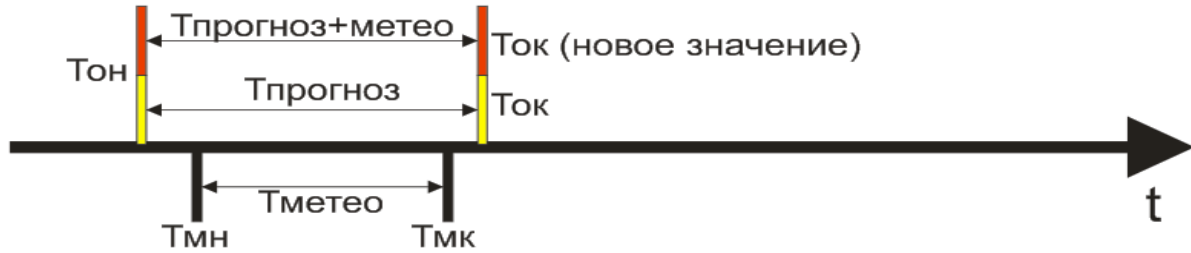


Рисунок 3.15 - Влияние погоды при условии, что метеопериод целиком входит в период выполнения грузовой операции $K_{метео} = 1$

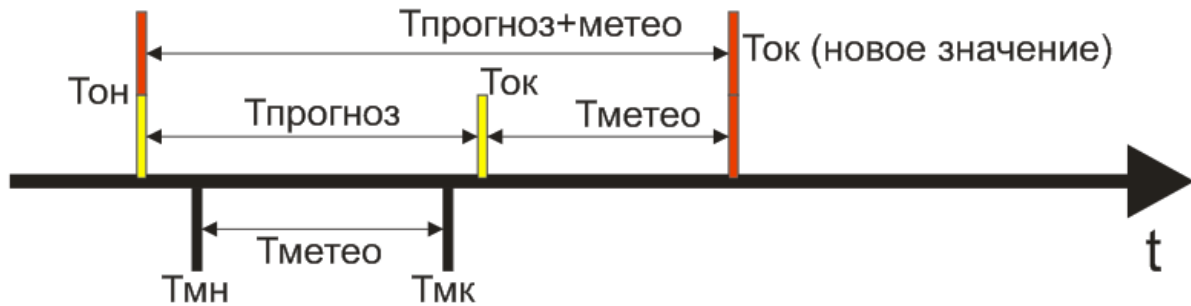


Рисунок 3.16 - Влияние погоды при условии, что метеопериод целиком входит в период выполнения грузовой операции, $K_{метео} = 0$

Система уравнений, характеризующая прогнозируемое время выполнения операции с учетом метеоусловий представлена ниже, в формуле (3.27).

$$T_{прогноз+метео} = \begin{cases} T_{мв} = T_{мк} - T_{мн}; \\ T_{прогноз}, \text{ при } K_{метео} = 1; \\ T_{прогноз} + T_{мв}, \text{ при } K_{метео} = 0; \\ T_{прогноз} + T_{мв} * \left(\frac{1}{K_{метео}} - 1 \right), \text{ при } 0 < K_{метео} < 1 \end{cases} \quad (3.27)$$

где $T_{\text{прогноз}}$ - прогнозируемое время выполнения грузовой операции без учета метеофактора;

$T_{\text{прогноз+ метео}}$ - итоговое прогнозируемое время с учетом метеофактора;

$K_{\text{метео}}$ - коэффициент снижения производительности грузовой операции из-за метеофактора;

$T_{\text{МК}}$ - момент окончания влияния текущего метеоусловия на производительность грузовой операции;

$T_{\text{МН}}$ - момент начала влияния текущего метеоусловия на производительность грузовой операции.

В отличие от предыдущей системы уравнений (3.26), метеоусловия влияют только на часть периода, в течение которого выполняется перегрузочная операция. Как и в предыдущем случае, при значении $K_{\text{метео}} = 1$ итоговое значение прогноза по выполнению операции будет соответствовать значению $T_{\text{прогноз}}$.

При значении $K_{\text{метео}} = 0$ грузовой операции приостанавливается на время действия метеоусловия, после чего продолжается, следовательно, время выполнения операции увеличивается на продолжительность действия данного метеоусловия на перегрузочный процесс.

При значении $0 < K_{\text{метео}} < 1$ начальная и конечная часть периода выполнения операции протекает без влияния метеоусловия, а срединная часть испытывает влияние метеофактора, следовательно, общее время выполнения грузовой операции увеличивается настолько, насколько увеличится время выполнения перегрузочных процессов во время действия метеофактора.

В ситуации, когда под действие метеоусловия попадает конечная часть периода грузовой операции, а ее начало лежит за пределами рассматриваемого метеопериода, сдвиг момента завершения операции для различных случаев указан на рисунках 3.17, 3.18, 3.19.

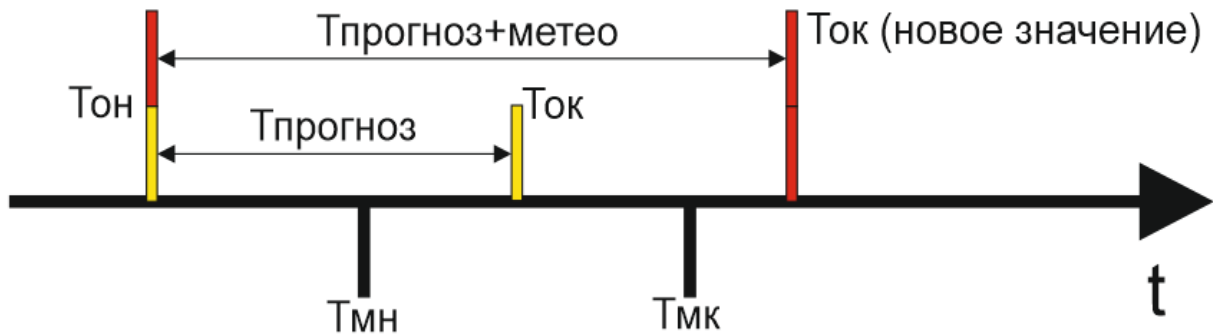


Рисунок 3.17 - Влияние погоды при условии, что конечная часть периода операции захватывает начальную часть метеопериода, $0 < K_{метео} < 1$

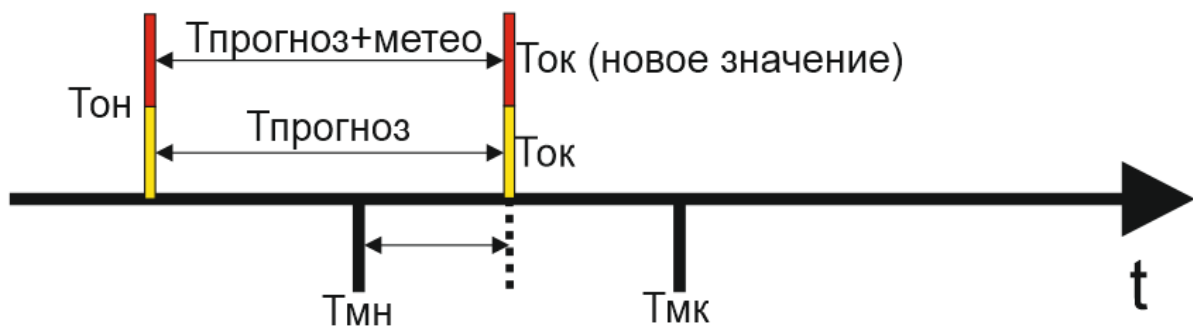


Рисунок 3.18 - Влияние погоды при условии, что конечная часть периода операции захватывает начальную часть метеопериода, $K_{метео} = 1$

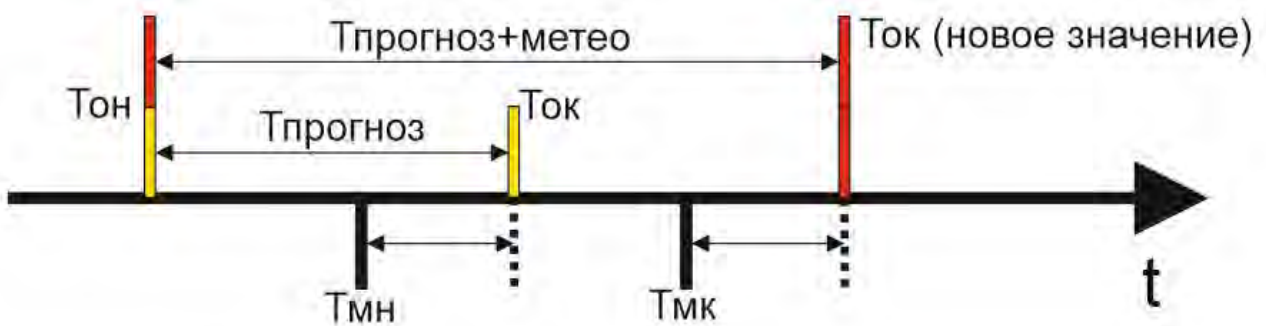


Рисунок 3.19 - Влияние погоды при условии, что конечная часть периода операции захватывает начальную часть метеопериода, $K_{метео} = 0$

Система уравнений (3.28) характеризует значение итогового параметра прогнозируемого времени выполнения грузовой операции с учетом метеоусловий для данного взаиморасположения отрезков действия метеофактора и базового прогноза времени выполнения грузовой операции.

$$T_{\text{прогноз+метео}} = \begin{cases} T_{\text{МВ}} = T_{\text{ок}} - T_{\text{мн}}; \\ T_{\text{прогноз}}, \text{ при } K_{\text{метео}} = 1; \\ T_{\text{прогноз}} + T_{\text{МВ}}, \text{ при } K_{\text{метео}} = 0; \\ T_{\text{прогноз}} + T_{\text{МВ}} * \left(\frac{1}{K_{\text{метео}}} - 1 \right), \text{ при } 0 < K_{\text{метео}} < 1 \end{cases} \quad (3.28)$$

где $T_{\text{прогноз}}$ - прогнозируемое время выполнения операции без учета метеофактора;

$T_{\text{прогноз+метео}}$ - итоговое прогнозируемое время с учетом метеофактора;

$K_{\text{метео}}$ - коэффициент снижения производительности операции из-за метеофактора;

$T_{\text{мн}}$ - момент начала влияния текущего метеоусловия на производительность операции;

$T_{\text{ок}}$ - момент окончания операции по прогнозу.

Рассмотрим случай, когда период выполнения грузовой операции захватывает конечную часть метеопериода. Как и в предыдущих случаях, ниже приведены схемы взаимного расположения метеопериода и периода выполнения грузовой операции (рисунки 3.20, 3.21, 3.22).

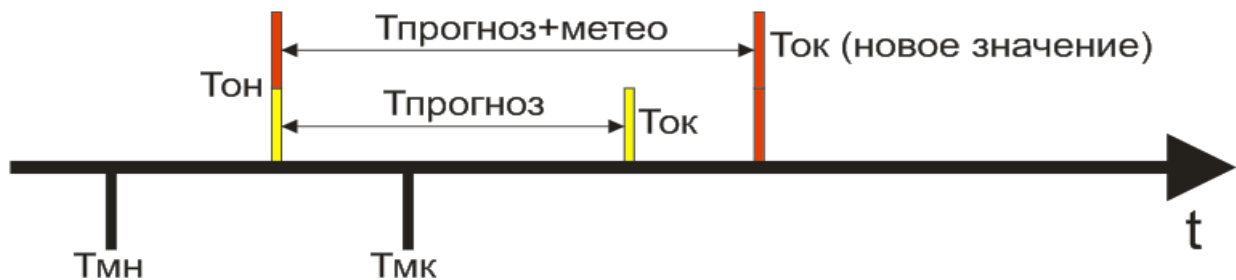


Рисунок 3.20 - Влияние погоды при условии, что начальная часть периода операции захватывает конечную часть метеопериода, $0 < K_{\text{метео}} < 1$

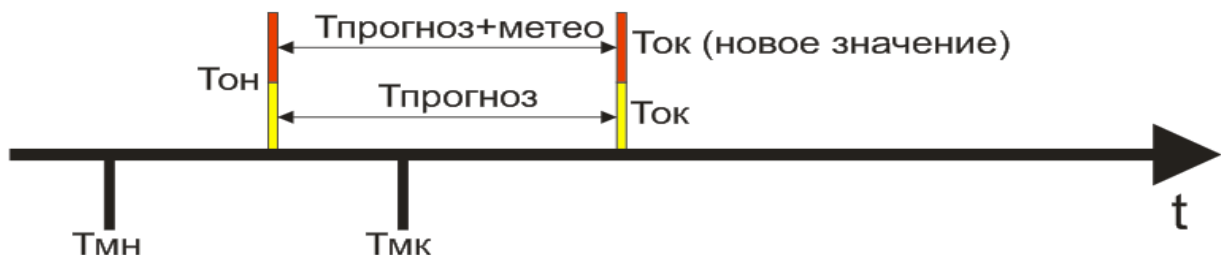


Рисунок 3.21 - Влияние погоды при условии, что начальная часть периода операции захватывает конечную часть метеопериода, $K_{\text{метео}} = 1$

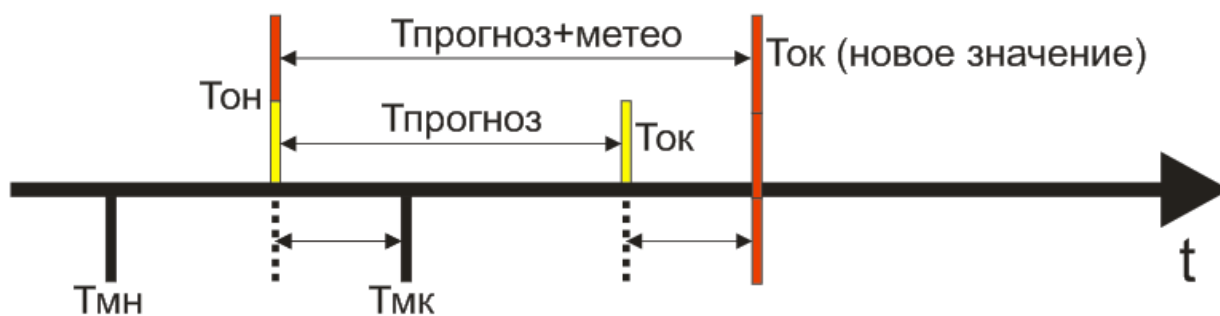


Рисунок 3.22 - Влияние погоды при условии, что начальная часть периода операции захватывает конечную часть метеопериода, $K_{\text{метеo}} = 0$

Данному расположению временных отрезков соответствует следующая система уравнений (3.29):

$$T_{\text{прог ноз+ метеo}} = \begin{cases} T_{\text{МВ}} = T_{\text{МК}} - T_{\text{он}} \\ T_{\text{прог ноз}}, \text{ при } K_{\text{метеo}} = 1; \\ T_{\text{прог ноз}} + (T_{\text{МК}} - T_{\text{он}}) \text{ при } K_{\text{метеo}} = 0; \\ T_{\text{прог ноз}} + T_{\text{МВ}} * \left(\frac{1}{K_{\text{метеo}}} - 1 \right), \text{ при } 0 < K_{\text{метеo}} < 1 \end{cases} \quad (3.29)$$

где $T_{\text{прог ноз}}$ - прогнозируемое время выполнения операции без учета метеофактора;

$T_{\text{прог ноз+ метеo}}$ - итоговое прогнозируемое время с учетом метеофактора;

$K_{\text{метеo}}$ - коэффициент снижения производительности операции из-за метеофактора;

$T_{\text{МК}}$ - момент окончания влияния текущего метеоусловия на производительность операции;

$T_{\text{МН}}$ - момент начала влияния текущего метеоусловия на производительность операции;

$T_{\text{он}}$ - момент начала перегрузочной операции.

При подстановке выражения (3.12) в формулы (3.26) - (3.29) получим развернутое выражение для расчета прогнозируемого времени выполнения грузовой операции с учетом метеофактора (таблица 3.9).

Таблица 3.9- Развернутая форма определения прогнозируемого времени выполнения грузовой операции

$K_{\text{метео}}$	$T_{\text{МВ}}$	$T_{\text{прогноз+метео}}$
$K_{\text{метео}} = 1$	Для всех возможных значений $T_{\text{МВ}}$	$T_{\text{до}} + \frac{F}{P_{\text{норм}} * K_{\text{НСП}} * \min\left(\frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ккорд}i}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{норм}}}, K_{\text{СН}}, \frac{\sum_{j=1}^k P_{\text{ктыл}j}}{\sum_{j=1}^k P_{\text{норм}}}\right)}$
$K_{\text{метео}} = 0$	Для всех возможных значений $T_{\text{МВ}}$	$T_{\text{до}} + \frac{F}{P_{\text{норм}} * K_{\text{НСП}} * \min\left(\frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ккорд}i}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{норм}}}, K_{\text{СН}}, \frac{\sum_{j=1}^k P_{\text{ктыл}j}}{\sum_{j=1}^k P_{\text{норм}}}\right)} + T_{\text{МВ}}$
$0 < K_{\text{метео}} < 1$	$T_{\text{МВ}} = T_{\text{МК}} - T_{\text{ОН}}$ $T_{\text{МК}} > T_{\text{ОК}}$	$\left(T_{\text{до}} + \frac{F}{P_{\text{норм}} * K_{\text{НСП}} * \min\left(\frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ккорд}i}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{норм}}}, K_{\text{СН}}, \frac{\sum_{j=1}^k P_{\text{ктыл}j}}{\sum_{j=1}^k P_{\text{норм}}}\right)} \right) / K_{\text{метео}}$
	$T_{\text{МВ}} = T_{\text{МК}} - T_{\text{МН}}$	$T_{\text{до}} + \frac{F}{P_{\text{норм}} * K_{\text{НСП}} * \min\left(\frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ккорд}i}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{норм}}}, K_{\text{СН}}, \frac{\sum_{j=1}^k P_{\text{ктыл}j}}{\sum_{j=1}^k P_{\text{норм}}}\right)} + T_{\text{МВ}}^{**} \left(\frac{1}{K_{\text{метео}}} - 1 \right)$
	$T_{\text{МВ}} = T_{\text{МК}} - T_{\text{ОН}}$ $T_{\text{МК}} \leq T_{\text{ОК}}$	

3.4. Выводы по главе

В данной главе предложен математический аппарат, позволяющий прогнозировать время выполнения грузовых операций в рамках грузового терминала. Рассмотрен общий процесс передачи груза в рамках грузового терминала, основанный на РТК ПАО "НМТП", характеристиках и грузообороте Восточного грузового терминала.

Предложена общая формула описания состояния последовательности операций, представленная в виде кортежа множеств. На основании данной формулы задается описание отдельной операции или исполнителя, что позволит получить более точную информацию по любой грузовой операции в любой момент времени.

Разработаны метод расчета коэффициента производительности крановой группы с учетом взаимодействия кордонной и тыловой крановых подгрупп, и метод расчета коэффициента прогнозируемой и фактической производительностей с учетом используемых для перегрузки ресурсов и РТК морского порта.

Разработан метод прогнозирования времени выполнения перегрузочных процессов навалочных грузов грузового терминала в морском порту с учетом метеофактора.

В целом математический аппарат, представленный в третьей главе, является базой для создания программного обеспечения для прогнозирования времени выполнения и, соответственно, момента завершения грузовой операции в рамках грузового терминала морского порта при обработке навалочных грузов.

ГЛАВА 4. Прогнозирование времени выполнения грузовых операций Восточного грузового района ПАО "НМТП"

4.1. Способы верификация результатов прогнозирования

При использовании результатов прогнозирования важно учитывать функции и влияние лица, принимающего решения (ЛПР), на прогнозируемые процессы. Соответственно, можно определить 3 возможные ситуации:

–ЛПР не может воздействовать на ход процесса; есть возможность только минимизировать отрицательные последствия или максимизировать положительные последствия. Необходим точный прогноз.

–ЛПР частично может контролировать ход процесса. Получив прогноз, содержащий нежелательное направление развития прогнозного объекта, ЛПР может принять меры противодействия. В этом случае показателем ценности прогноза является не только его достоверность, но и полезность прогноза для ЛПР.

–ЛПР полностью управляет развитием процесса. В этом случае прогноз не обязателен, так как все результаты процессов зависят от решений ЛПР.

Применительно к диспетчерской службе грузового района можно говорить о том, что диспетчер может лишь частично контролировать ситуацию, так как на протекающие в порту перегрузочные процессы влияет множество внешних и внутренних, не всегда подконтрольных диспетчеру факторов: изменчивые погодные условия, выход техники из строя, задержки ж/д составов и судов и т.п. Из этого следует, что прогноз необходим и должен иметь достаточно точные значения, чтобы быть полезным для диспетчерской службы грузового района.

Верификация - процедура оценки достоверности полученных в процессе прогнозирования результатов. В процедуре верификации можно выделить две ключевые составляющие – качественную и количественную. Качественная верификация дает оценку верности метода прогноза с помощью доказательства истинности принятых изначально гипотез в отношении моделируемых процессов, объектов, явлений и их соответствия выбранному методу прогнозирования. Количественная верификация подразумевает под собой оценку точности прогнозируемых значений относительно фактических. Существует несколько распространенных методов верификации прогностических моделей:

- Прямая верификация. Верификация прогноза путем его повторной разработки другим методом.

- Косвенная верификация. Верификация прогноза путем его сопоставления с прогнозами, полученными из других источников информации.

- Инверсная верификация. Верификация прогноза путем проверки адекватности результатов прогнозирования на материалах ретроспективного периода. Полученная относительная ошибка может быть критерием эффективности прогноза и одновременно величиной для расчета доверительных интервалов прогноза.

- Консеквентная (дублирующая) верификация. Верификация прогноза путем аналитического или логического вывода прогноза из ранее полученных прогнозов.

- Верификация повторным опросом. Верификация прогноза путем использования дополнительного обоснования или изменения экспертом его мнения, отличающегося от мнения большинства.

- Верификация оппонентом. Верификация прогноза путем опровержения критических замечаний оппонента по прогнозу.

- Верификация с учетом ошибок. Верификация прогноза путем выявления и учета источников регулярных ошибок прогноза.

– Верификация компетентным экспертом. Верификация прогноза путем сравнения с оценкой наиболее компетентного эксперта.

Для данного исследования принята инверсная верификация на основе ретроспективных данных за апрель 2017 года. Все полученные прогнозируемые значения по времени выполнения перегрузочных процессов в рамках Восточного грузового терминала сопоставлены с фактическими результатами работы сотрудников терминала, а также с прогнозируемыми значениями диспетчерской службы. В таблице 4.1 приведены общепризнанные формулы для вычисления указанных критериев оценки точности прогноза.

Таблица 4.1 - Критерии оценки точности прогноза

Наименование критерия	Формула для вычисления
Относительная ошибка	$\Delta_{oo} = \frac{ Y_{\phi} - Y_{np} }{Y_{\phi}} * 100\%$
Средняя относительная ошибка (MAPE)	$\Delta_{соо} = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N \frac{ Y_{\phi i} - Y_{np i} }{Y_{\phi i}} * 100\%$
Абсолютная ошибка	$\Delta_{ao} = Y_{\phi} - Y_{np} $
Средняя абсолютная ошибка (MAE)	$\Delta_{cao} = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N Y_{\phi i} - Y_{np i} $

Чтобы оценить качество полученных прогнозов следует выбрать значение показателя оправданности, т.е. отношение оправданных прогнозов к общему числу прогнозов. Для представленного исследования примем, что при показателе MAPE<10% прогноз достоверен. Ниже представлена формула для расчета показателя оправданности (4.1).

$$j = \frac{G_j}{G} * 100\% , \quad (4.1)$$

где j - показатель оправданности;

G_j и G - количество оправдавшихся и общее число прогнозов.

4.2. Прогнозирование времени выполнения грузовых операций и верификация прогноза

В целях проведения прогнозирования грузовых операций Восточного грузового района разработано программное обеспечение, позволяющее рассчитывать прогнозируемое время выполнения грузовой операции, а также момент ее окончания, с учетом существующие подъездные пути к терминалу, характеристики складских помещений, производительность кранового оборудования, количество людских и технических ресурсов, РТК и погодные условия. Ниже представлен интерфейс разработанного программного обеспечения (рисунок 4.1).

Прогнозирование

Дата начала Операции: 23.09.2017 15:30

Тип груза: Уголь

Количество груза: 8500

Откуда:

Тип объекта: Склад

Объект: Склад №6.1

Доступные краны:

☒ 009

☒ 14

☒ 25

Куда:

Тип объекта: Причал

Объект: Причал №6

Доступные краны:

☐ 009

☐ 14

☐ 25

Выделенные ресурсы:

Вспомогательная техника: 6

Люди: 9

Погодные условия: ☒ Добавить условия

С: 23.09.2017 10:45 по: 23.09.2017 17:45 скорость ветра(м/с): 12 Осадки: ☐

Рассчитать

Результат прогнозирования:

Продолжительность операции: 10:19

Время окончания операции: 24.09.2017 1:49

Сброс настроек

Рисунок 4.1 - Интерфейс программного обеспечения для расчета времени выполнения грузовой операции Восточного грузового района

Данное программное обеспечение позволяет оперативно произвести расчет времени выполнения грузовых операций при различном наборе ресурсов и влиянии внешней среды, а также гибко перенастраивать расстановку кранов по грузовому терминалу, характеристики кранов и обслуживаемые ими объекты. Интерфейс для редактирования характеристик кранового оборудования представлен на рисунке 4.2, интерфейс настройки обслуживаемых объектов - на рисунке 4.3.

Добавление типа крана

Название	Liebherr lh 120
Производительность при работе с кучи т/смена (уголь)	5500
Производительность при работе с кучи т/смена (Чугун, брикеты)	8000
Производительность при работе с подвозом груза т/смена (уголь)	2500
Производительность при работе с подвозом груза т/смена (Чугун, брикеты)	4000
Производительность при работе с ж/д составом вагон/смена и т/смена (уголь)	2100
Производительность при работе с ж/д составом вагон/смена и т/смена (Чугун, брикеты)	1260
Сохранить	

Рисунок 4.2 - Интерфейс редактора. Вкладка "Добавление типа крана"

Управление кранами

1	2	3	4	5	
Номер крана	Тип	Обслуживаемые объекты	Удаление	Добавление объектов	
2	009	Liebherr lh 120	Склад №6.1	Удалить Добавить объект	
			Причал №6		Удалить
			Путь №1		Удалить
3	010	Liebherr lh 120	Склад №6	Удалить Добавить объект	
			Склад №7		Удалить
			Путь №2		Удалить

Рисунок 4.3 - Интерфейс редактора. Вкладка "Управление кранами"

В Приложении А приведен список всех рассмотренных в диссертационном исследовании грузовых операций, проведенных Восточным грузовым районом в обозначенный временной период.

На рисунке 4.4 показана продолжительность фактических грузовых операций, результатов прогнозирования времени выполнения перегрузочных процессов, рассчитанных по авторскому методу и по методике Казакова А.П. [34]. В рассмотренной статистике из 132 грузовых операций Восточного грузового района ПАО "НМТП" за апрель 2017 года 15 случаев прогнозирования грузовых операций вышли за рамки 10%-ой относительной ошибки, соответственно, 117 случаев прогнозирования считаются оправданными. Ниже приведена таблица, в которую занесены численные значения выбранных критериев оценки прогностической модели (таблица 4.2).

Таблица 4.2 - Результаты прогноза по всем грузовым операциям

Наименование критерия	Авторский метод	Методика Казакова А.П.
Средняя относительная ошибка (MAPE)	5,28 %	10,77 %
Средняя абсолютная ошибка (MAE)	0:41:31	1:40:14
Показатель оправданности	88,74 %	37,88 %
Совместная абсолютная ошибка обеих методик меньше 1ч.	41,66 %	

Ниже приведен рисунок 4.5, показывающий относительную ошибку в процентах прогноза выполнения грузовой операции относительно фактической продолжительности грузовой операции.

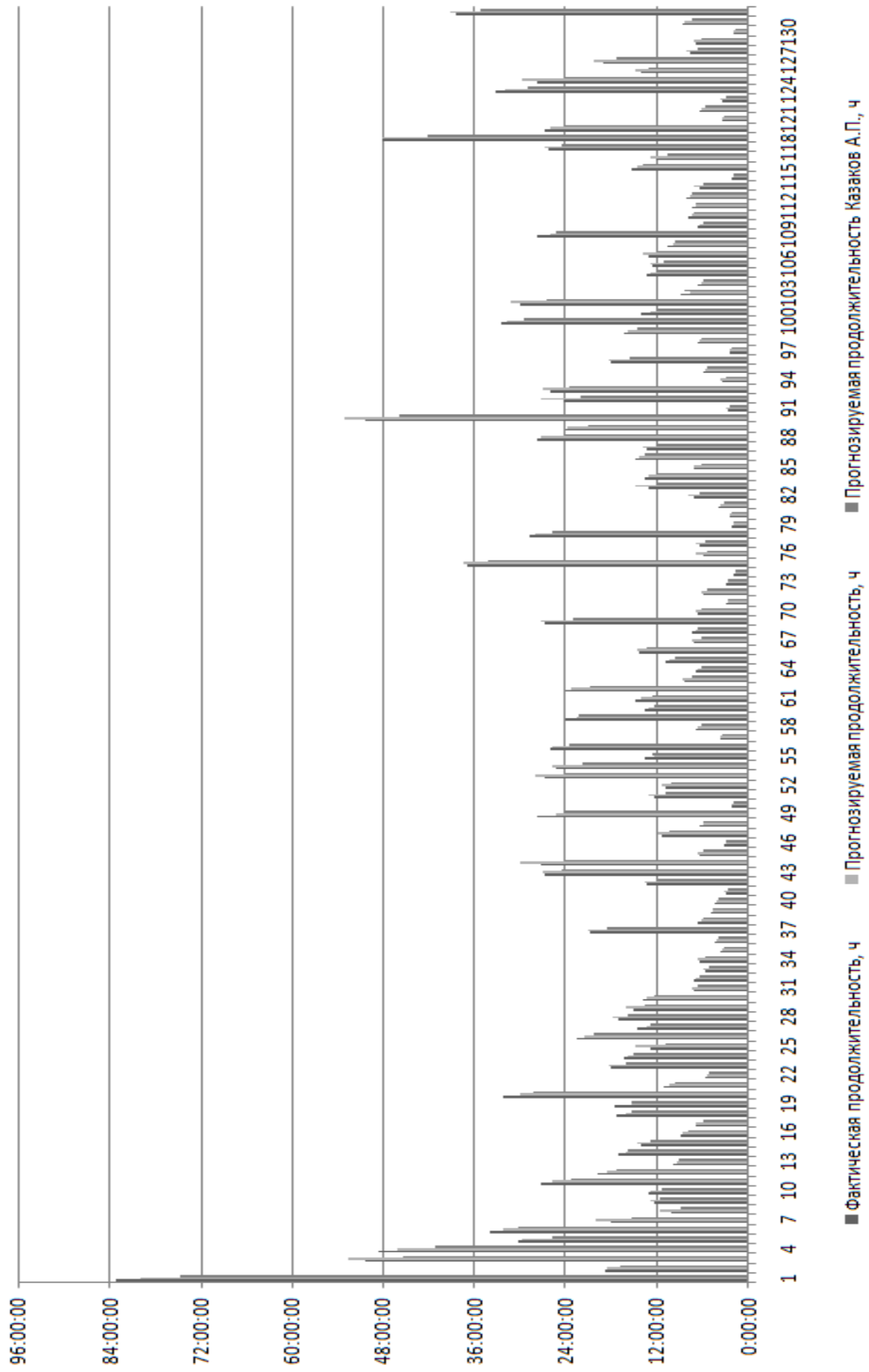


Рисунок 4.4 - Фактическая и прогнозируемая продолжительность грузовых операций

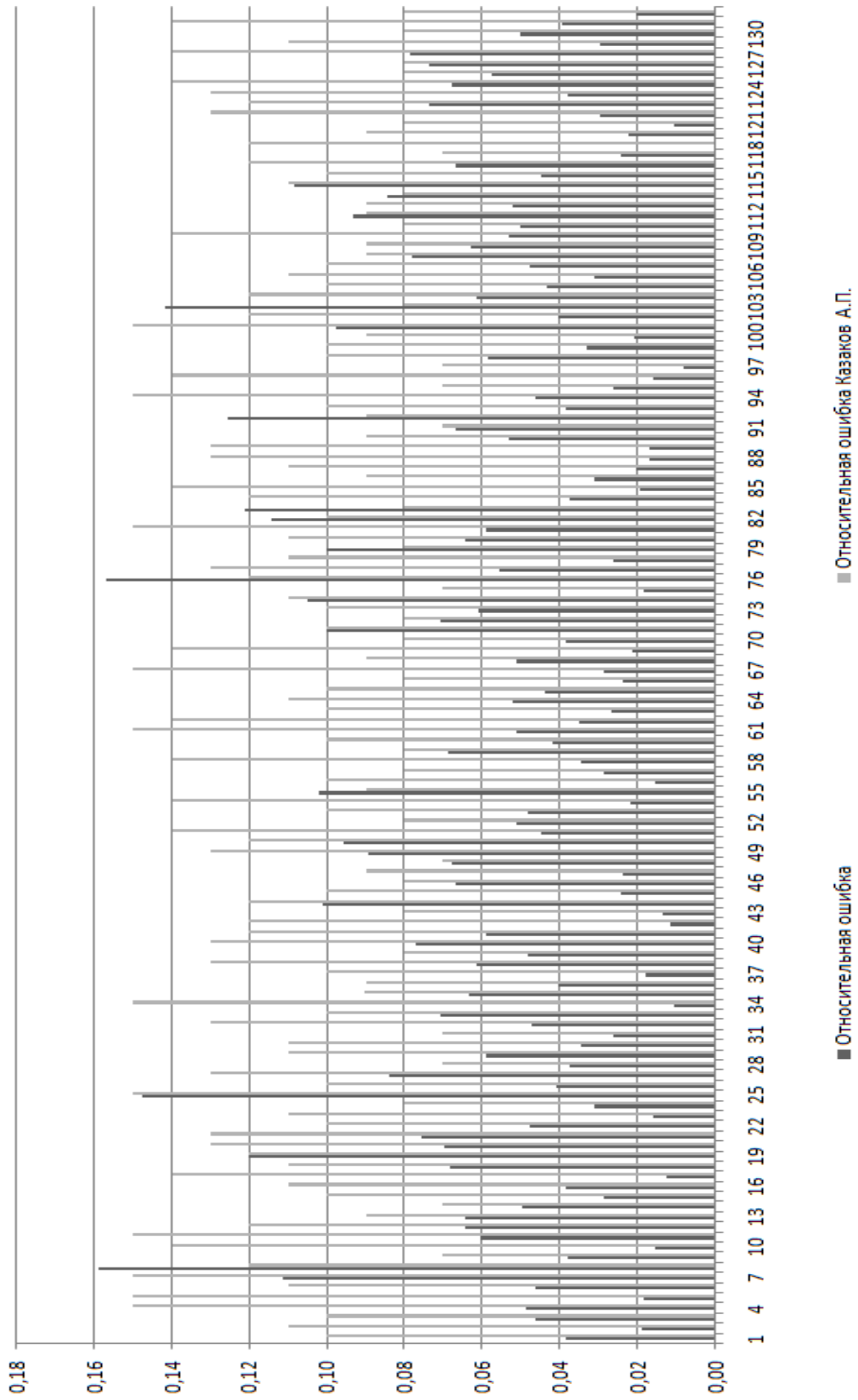


Рисунок 4.5 - Относительная ошибка в прогнозировании времени выполнения грузовых операций

Рассмотрим результаты прогнозирования отдельно по каждому из трех выбранных видов груза: уголь, брикеты железной руды и чугун. На рисунках 4.6 и 4.7 показана относительная ошибка по операциям с углем, а также разница между фактическим и прогнозируемым временем обработки груза.

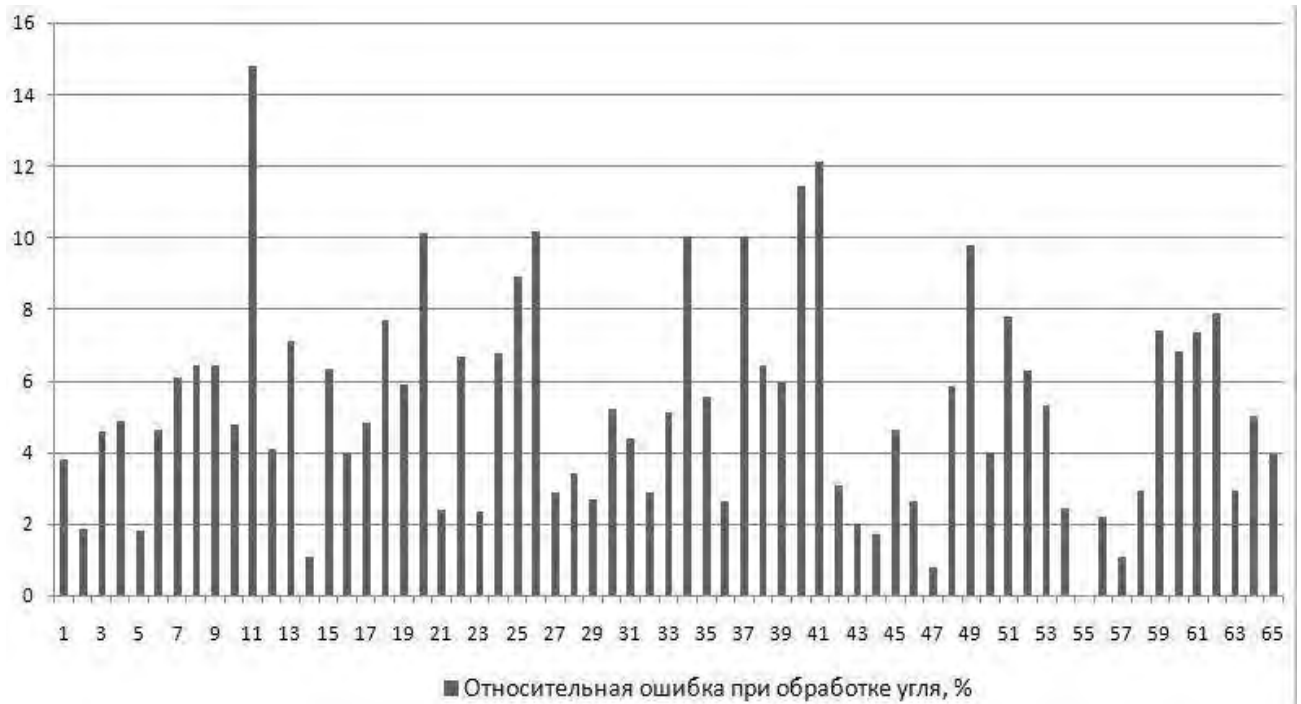


Рисунок 4.6 - Относительная ошибка при обработке угля

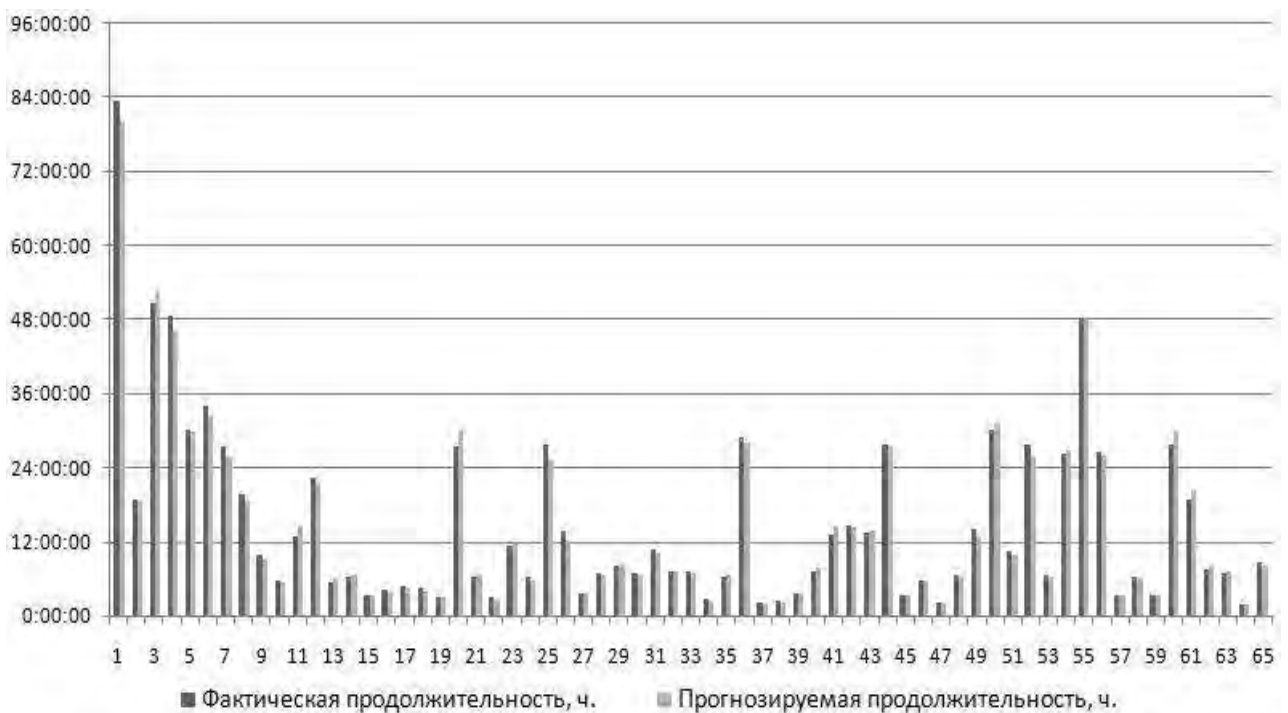


Рисунок 4.7 - Фактическая и прогнозируемая продолжительности обработки угля

На рисунках 4.8 и 4.9 показана относительная ошибка по операциям с чугуном, а также разница между фактическим и прогнозируемым временем обработки груза.

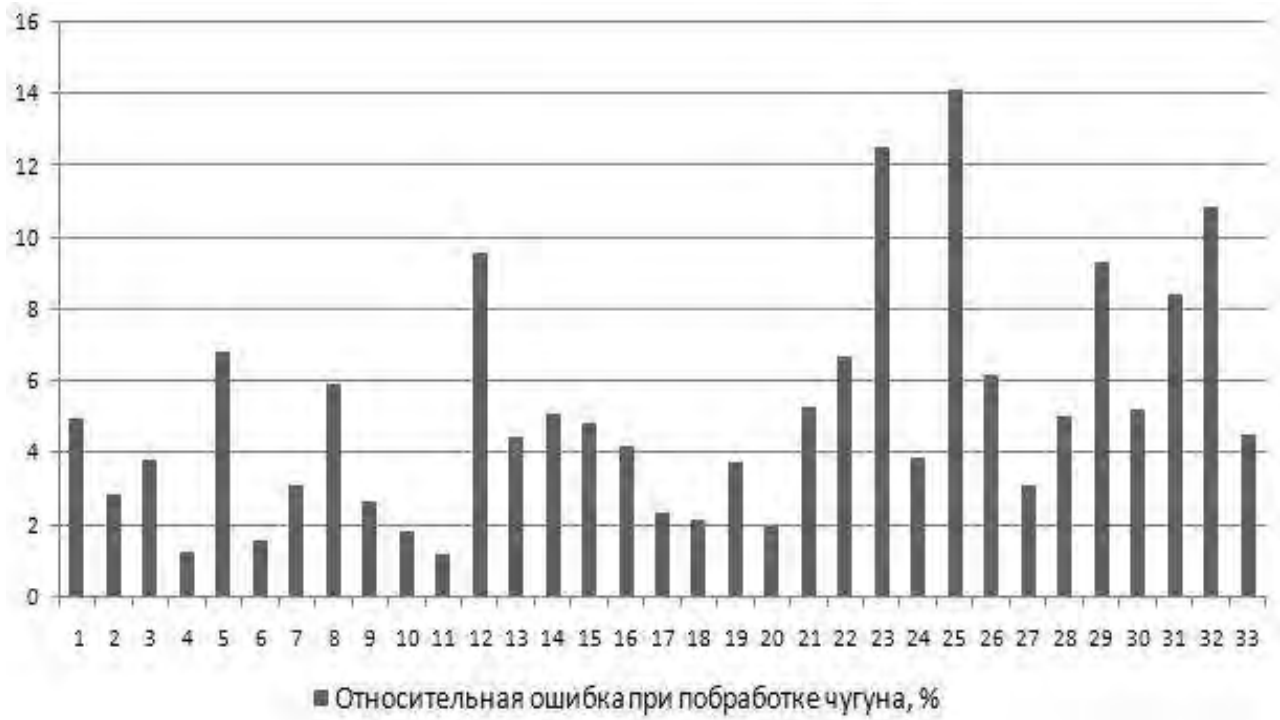


Рисунок 4.8 - Относительная ошибка при обработке чугуна

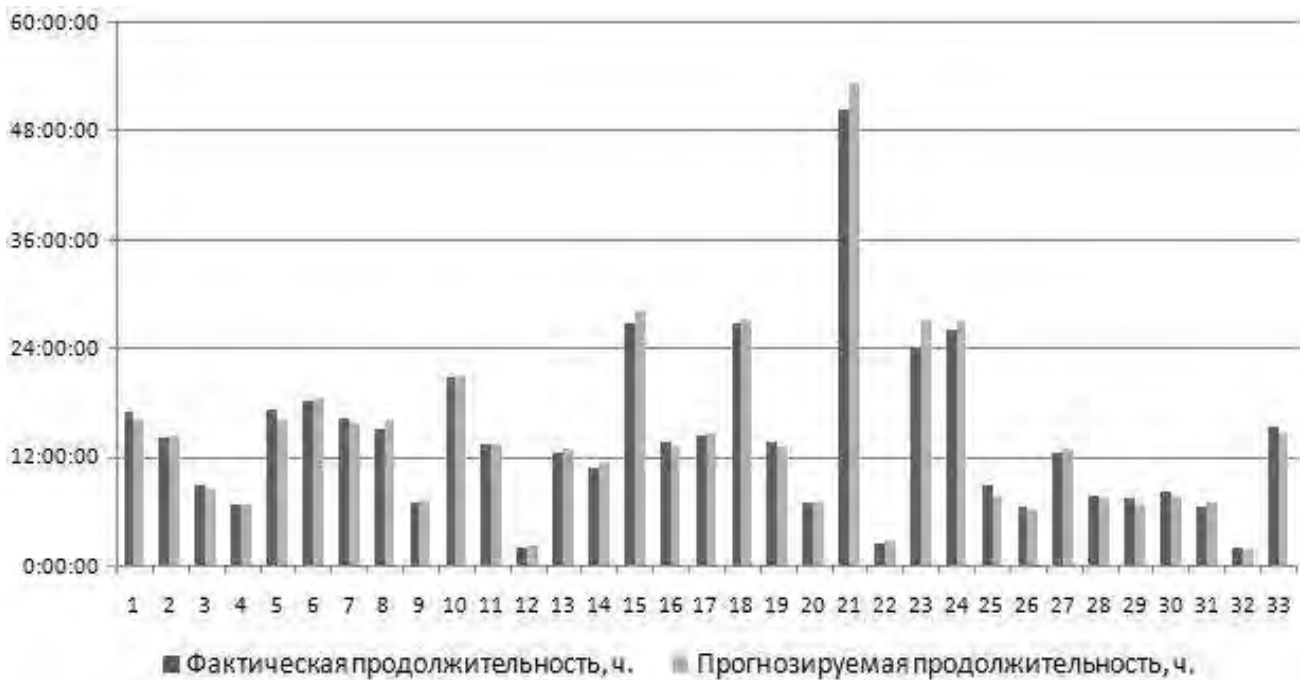


Рисунок 4.9 - Фактическая и прогнозируемая продолжительности обработки чугуна

На рисунках 4.10 и 4.11 показана относительная ошибка по операциям с брикетами железной руды, а также разница между фактическим и прогнозируемым временем обработки груза.

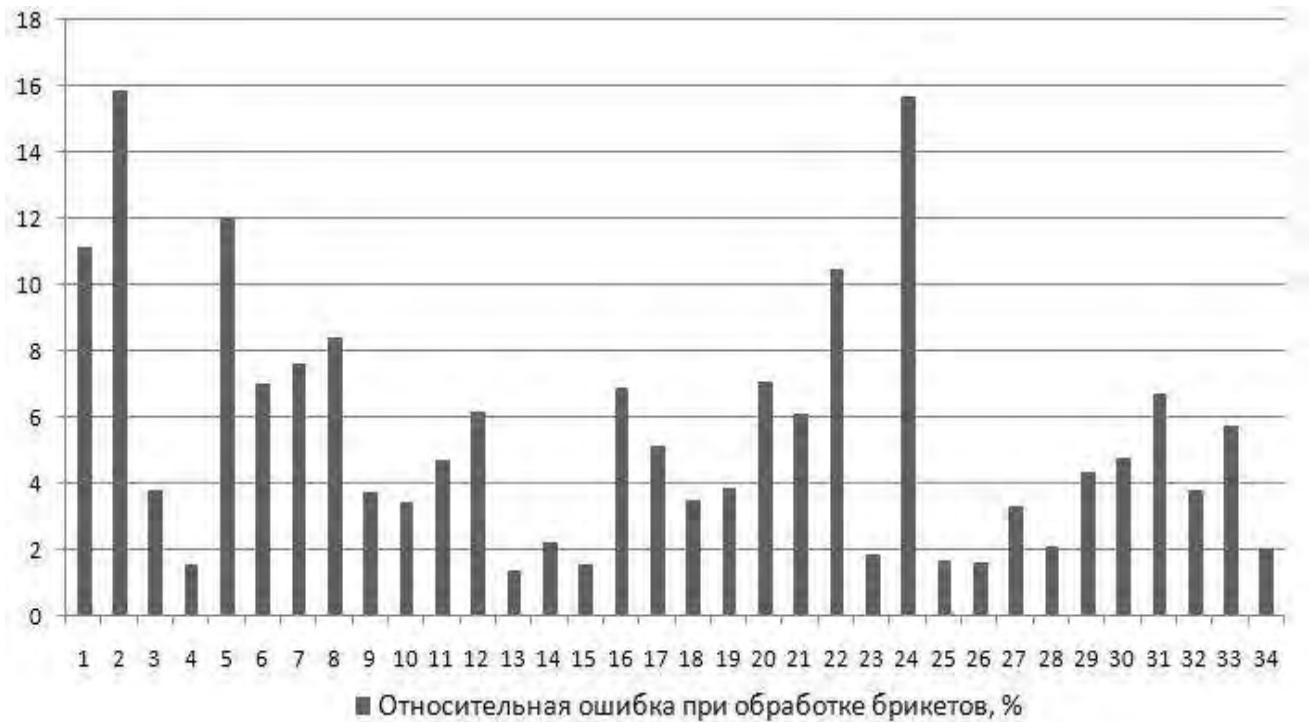


Рисунок 4.10 - Относительная ошибка при обработке брикетов железной руды

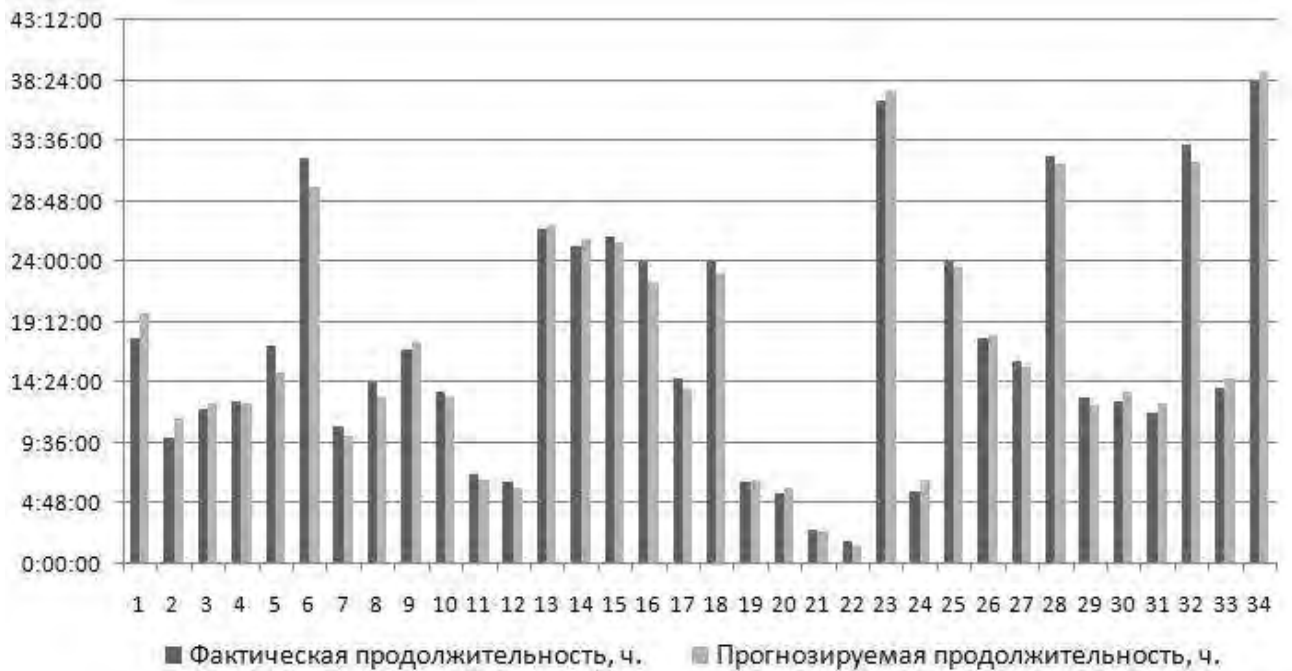


Рисунок 4.11 - Фактическая и прогнозируемая продолжительности обработки брикетов железной руды

В таблице 4.3 приведены показатели прогноза в отдельности по каждому виду груза.

Таблица 4.3 - Результаты прогнозирования грузовых операций по видам груза

Наименование критерия	Уголь	Чугун	Брикеты
Средняя относительная ошибка (MAPE)	5,3669 %	5,2193 %	5,4852 %
Средняя абсолютная ошибка (MAE)	00:41:39	00:39:07	00:46:21
Показатель оправданности	93,84%	90,9 %	84,84 %

Более низкий показатель оправданности прогноза по обработке брикетов железной руды можно объяснить большей метеозависимостью данного вида груза.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что методика, разработанная Казаковым А.П., в каждом случае формирует прогнозируемое время выполнения операции меньшее либо равное фактической продолжительности. Это объясняется тем, что методика Казакова А.П. не учитывает возможность влияния метеофактора на производительность грузовых операций и возможность недовыделения ресурсов по РТК. Средняя относительная ошибка прогноза составляет 10,77%.

Авторский метод способен как завышать прогнозируемое время выполнения операции относительно фактического, так и занижать данный показатель. Такая особенность обусловлена сложностью прогнозирования погодных условий и их переменчивостью. Однако, средняя относительная ошибка прогноза составляет 5,29%, что говорит о более точном прогнозировании времени выполнения перегрузочных процессов относительно методики Казакова А.П.

4.3. Выводы по главе

В данной главе проведено прогнозирование и верификация результатов прогноза по обработке грузопотока Восточным грузовым терминалом за апрель 2017 года.

На основе методов расчета прогнозируемого времени грузовой операции, приведенной в третьей главе диссертационного исследования, создано программное обеспечение, позволяющее рассчитывать прогнозируемое время выполнения операции, а также момент ее окончания, учитывая существующие подъездные пути к Восточному грузовому району ПАО "НМТП", характеристики складских помещений, производительность кранового оборудования, количество людских и технических ресурсов, РТК и погодные условия.

В итоге, результаты прогноза в сравнении с фактическими показателями Восточного грузового терминала показали среднюю относительную ошибку (MAPE) 5,29%, среднюю абсолютную ошибку (MAE) в размере 43 минут, показатель оправданности прогноза 88,64%, следовательно, авторский метод расчета прогнозируемого времени выполнения грузовых операций по обработке навалочных грузов является более точным относительно существующих методик прогнозирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения диссертационного исследования сделаны следующие выводы и получены практические результаты:

1. Произведен анализ деятельности диспетчерской службы грузового терминала морского порта, обрабатывающего навалочные грузы, и сделан вывод о необходимости более точного прогнозирования продолжительности грузовых операций.

2. Разработан метод расчета коэффициента производительности крановой группы терминала морского порта при перегрузке навалочных грузов с учетом взаимодействия тыловой и кордонной крановых подгрупп Восточного грузового района ПАО "НМТП".

3. Разработан метод расчета коэффициента прогнозируемой производительности грузовой операции на основе количества выделенных ресурсов и РТК морского порта.

4. Разработан и апробирован метод расчета прогнозируемого времени выполнения грузовой операции по перегрузке навалочных грузов грузового терминала морского порта с учетом метеофактора на основе данных ВГР ПАО "НМТП".

5. Показано, что расчет прогнозируемого времени выполнения грузовых операций с помощью разработанного метода дает более точные результаты, чем прогнозы, полученные с помощью метода Казакова А.П. Средняя абсолютная ошибка прогноза на примере ВГР ПАО "НМТП" при использовании разработанного метода составила 43 минуты, а по методике Казакова А.П. – 1 час 40 минут.

6. Разработано программное обеспечение, позволяющее рассчитывать прогнозируемое время выполнения грузовой операции, а также момент ее окончания, учитывая существующие подъездные пути к ВГР ПАО "НМТП", характеристики складских помещений, производительность кранового

оборудования, количество людских и технических ресурсов, технологические линии, используемые терминалом, погодных условий.

7. Результаты работы, а также программное обеспечение одобрены ПАО "НМТП" и АО "Ейский морской порт", рекомендованы к использованию для диспетчерской службы Восточного грузового района.

Результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать для совершенствования работы диспетчерской службы грузовых районов, обрабатывающих навалочные грузы в морских портах. Предложенные дополнения к методике прогнозирования времени выполнения перегрузочных работ позволят более рационально управлять ресурсами грузового района и планировать грузовые операции.

В перспективе предполагается развитие предложенной методики в сторону планирования перегрузочных процессов грузового терминала, поиска оптимальных решений по обработке и хранению навалочных грузов, создания алгоритмов по обработке потока судов и грузовых партий в порту. Планируется развитие программного обеспечения, позволяющего рассчитывать прогнозируемое время выполнения грузовых операций, и его специализация под конкретные морские грузовые терминалы.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ПМУ - припортовый морской участок;

КПП - коэффициент прогнозируемой производительности;

КФП - коэффициент фактической производительности;

ПС - пропускная способность;

ИС - информационная система;

КИС - корпоративная информационная система;

BPM- Business Process Management;

WF - WorkFlow;

DF - DocFlow;

EAI - Enterprise Application Integration;

ERP- Enterprise Resource Planning;

МАС - мультиагентная система;

НМТП - Новороссийский морской торговый порт;

АСУ - автоматизированная система управления;

СППР - система поддержки принятия решений;

ВГР - Восточный грузовой район.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федеральный закон от 8 ноября 2007 г. N261-03 «О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями от 14,23 июля 2008 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2007 - № 46. - Ст. 55 - 57.;
- 2 Распоряжение Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации» // [Электронный ресурс] -Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/94460/>;
- 3 Распоряжение Правительства РФ от 08.12.2010 № 2205-р «Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года» // [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2073572/>;
- 4 Абрамова В. Н. Состояние и перспективы развития морского и внутреннего водного транспорта России/В. Н. Абрамова, М. В. Ботнарюк//Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. -2014. -№ 1. -С. 114-120;
- 5 Аникеев Е. А. Управление пешеходными потоками при пиковой интенсивности движения // Программные продукты и системы. 2015. №1 (109);
- 6 Адрианов, ВВ. Имитационное моделирование сложных систем и процессов / В.В. Адрианов - М.: ГА, 1995. - 120 с.;

- 7 Алпатов, А. П. Задачи построения полимодельных комплексов сложных и слабо формализованных систем / А. П. Алпатов, Ю. А. Прокопчук, А. М. Прохоренков // Сб. докладов научн. конф. "Информационные технологии в управлении сложными системами: сб. докладов научн. конф. (г. Днепропетровск, 24 июня 2011г.). – Днепропетровск: Свидлер А.Л., 2011. – С. 122–126.
- 8 Аркуша А.И., Фролов В.И. Техническая механика. Учебник для машиностроит. спец. техникумов.- Москва, «Высшая школа», 1983г.- 447с.
- 9 Алфимцев А. Н. Нечеткий процессно-ориентированный подход к недетерминированному проектированию интеллектуальных мультимодальных интерфейсов // Машиностроение и компьютерные технологии. 2012. №11.
- 10 Белохвостиков, И.В. Системные исследования и оптимизация функционирования интернет-систем с использованием сетей Петри: автореф.дне, канд. техн. наук: 05.13.01 / И.В. Белохвостиков. - Краснодар, 2004. - 24 с..
- 11 Берж, К. Теория графов и ее применения / К. Берж. - М. : Иностр. лит.,1962.-320 с..
- 12 Богданова А.В. Одна теорема в теории нечеткой относительной важности критериев. Процессы управления и устойчивость: Труды 37-й международной научной конференции аспирантов и студентов / Под ред. А. В. Платонова, Н. В. Смирнова. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. - 640 с.
- 13 Брегеда С. Ю., Бурковский В. Л., Чопоров О. Н. Система управления потоком транспортных средств на основе аппарата нечеткой логики // Вестник ВГТУ. 2009. №5.
- 14 Бугайченко, Д. Ю. Математическая модель интеллектуального агента. // Сборник трудов международной конференции «Процессы управления и устойчивость». — Санкт-Петербург: Издательство СПбГУ, 2006. — С. 9-19.

- 15 Бурков, В.Н. Теория активных систем: состояние и перспективы / В.Н.Бурков, Д.А. Новиков - М.: Синтег, 1999.-128 с.
- 16 В.А. Рыжов., Сетевцентризм — управление сложностью // «X-treme Infomatics», М., 2014. URL: <http://spkurdyumov.ru/networks/setecentrizm-upravlenie-slozhnostyu/>
- 17 Вайгандт Н. Ю., Современные информационные технологии в автоматизированных системах управления транспортными комплексами / Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, №1, 2013, с 77 - 81.
- 18 Ветренко, Л.Д. Управление работой морского порта / Л.Д. Ветренко - СПб:ЗАО «Строка», 2000. - 264 с.;
- 19 Глухих, И. Н. Основы теории УВД : учеб.-метод, пособие И. Н. Глухих.- Ульяновск : УВАУ ГА, 1998. - 29 с.
- 20 Гребенщикова Е. , Першин Д., Ресурсное планирование работы терминала, Морские порты №1 (142), 2016, с. 52-53.
- 21 Григорьев О.В., Бондарева И. О., Латыпова Э. А., Теоретико-множественная модель управления деятельностью грузового порта в условиях риска / Известия Алтайского технического университета №1, 2014, 147-150 с.
- 22 Губарь Ю., Курс «Введение в математическое моделирование. Компьютерное имитационное моделирование. Статистическое имитационное моделирование», 2007 г. URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/2260/156/lecture/27241?page=1>
- 23 Давыденко А.А. Обеспечение конкурентоспособности морских торговых портов. -СПб.: Феникс, 2008. -172 с.
- 24 Давыденко, А.А. Концепция государственного управления конкурентоспособностью региональных морских портовых комплексов / А. А.Давыденко // Экономика и управление. 2008.- .-№2. - С. 121 - 125

- 25 Евстигнеев, В. А. Применение теории графов в программировании /В. А. Евстигнеев. - М. : Наука, 1985. - 352 с.
- 26 Евсюкова Е. А. Решение задач нечеткой логики в среде Mathcad // ОТО. 2011. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-zadach-nechetkoy-logiki-v-srede-mathcad>.
- 27 Ефимова П.Е., Математическая модель автоматизированной системы управления заказами в процессе технологической подготовки производства на предприятиях авиационной промышленности. Модел. и анализ информ. систем. Т. 17, № 1 (2010) 25–43.
- 28 Ефремов Н.А., Костров В.Н., Никитин А.А., Коновалов М.С., Ключевые направления развития воднотранспортной системы в условиях международной интеграции: инновационный подход / Вестник транспорта №9 / 2011, с 2-11.
- 29 Жакова В.В., Процессное управление – инновационная технология повышения уровня конкурентоспособности железнодорожных контейнерных перевозок / Транспортное дело России, №5, 2014, с. 112-115
- 30 Зыков, А. А. Основы теории графов А. А. Зыков. - М. : Наука, 1987. -382 с.
- 31 Зюзин В.Л., Коршунов Д.А. Прогнозирование параметров работы транспортного комплекса в условиях неопределенности и факторный анализ их выполнения / Вестник СамГУПС № 2, 2012 г. с. 23-31.
- 32 Иващенко А.В., Карсаев О.В., Скобелев П.О. Мультиагентные технологии для разработки сетцентрических систем управления // Известия ЮФУ - Ростов на Дону №3 (116), 2011 - С. 11-23.
- 33 Истратов, Р.А. Координирующая информационная система управления инфраструктурами транспортного узла / А.М. Прохоренков, Р.А. Истратов //Вестник МГТУ: труды Мурм. гос. техн. ун-та. -2013. - Т. 16, № 1. - С. 148-156.
- 34 Казаков, А.П. Технология и организация перегрузочных работ на речном транспорте / А.П. Казаков - М.: Транспорт, 1984. - 407 с...

- 35 Карнаухов В.А., Теория графов и сетей при моделировании процессов УВД: учеб. пособие / Карнаухов В.А. / Ульяновск, УВАУ ГА(И), 2009 г.-63 с.
- 36 Квятковская И. Ю. Разработка методов обеспечения совместимости и интеграции элементов транспортно-логистических систем в зоне технологического процесса грузоперевалки / И.Ю. Квятковская // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та.- 2009.-№ 2. - С. 68-75.
- 37 Квятковская, И. Ю. Система управления региональным транспортным кластером / И.Ю. Квятковская // Датчики и системы. -2009. -№ 5. - С. 7—11.
- 38 Кельтон В. Имитационное моделирование. Классика С/В. Кельтон, А. Лоу. СПб.: Питер; Киев: Изд. группа BHV, 2004. 847 с.
- 39 Кендалл, М. Теория распределений / М. Кендалл М., Стьюарт А. Пер. сангл. В.В. Сазонова, АН. Ширяева. Под ред. А.Н. Колмогорова.-М.: Наука, 1966-587 с..
- 40 Кузнецов А.Л., Изотов О.А., Кириченко А.В. Технология работы порта / Под ред. А.В. Кириченко - СПб: Изд-во ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2014. - 184 с.
- 41 Климова, О. Н. Многокритериальный выбор на основе некоторых наборов взаимно зависимой информации об относительной важности критериев / О. Н. Климова // Процессы управления и устойчивость: Тр. 37-й международной научной конф. аспирантов и студентов I Под ред. А.В. Платонова, Н.В. Смирнова - СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. - 2006. -С. 555-558
- 42 Козлов Л.Н., Циклис Б.Е., Урличич Ю.М., О концептуальных подходах формирования и развития Интеллектуальных Транспортных Систем в России // Журнал Транспорт РФ – М. - 2009.

- 43 Колбин В.В., Кудряшова Т.Е. Исследование групповых решений в условиях нечетких данных. Труды 37-й международной научной конференции аспирантов и студентов / Под ред. А. В. Платонова, Н. В. Смирнова. — СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2006. - 640 с.
- 44 Колесников, ГС. Моделирование сложных систем / Г.С. Колесников - М.:ИРЭА, 1986.-95с.
- 45 Кондратьев С.И., Стратегия развития транспортного комплекса Юга России в условиях глобализации экономики / Вестник Государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова №1(1), Новороссийск, 2012 - с. 5-9.
- 46 Копанев, А.А. Управление и информационное обеспечение транспортных систем / А.А. Копанев, С.А. Попов, Р.А. Францев // В сб. науч. тр.: Управление транспортными системами. СПб., СПГУВК, 1997, с.3-13.
- 47 Коробкова М.Н., Применение процессного и системного подходов при формировании качества портовых услуг / Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, № 3(19), 2012, с. 141-147.
- 48 Котляров, СЛ. Современные информационные технологии, применяемые в транспортно-логистических системах / СЛ. Котляров // Методы прикладной математики в транспортных системах: Сб. науч. тр. Вып.4. - СПб.: СПГУВК, 2000.-С. 79-84;
- 49 Кристофидес, Н. Теория графов, алгоритмический подход / Н. Кристофидес. - М. : Мир, 1978. - 432 с..
- 50 Куренков, П.В. Проблема логистизации транспортных систем. Транспортная логистика, мультимодальные перевозки / П.В. Куренков // Сб. тр. по проблемам транспортных коридоров РФ. ГМА им. Макарова СПб.: 1998. - С.43-56.

- 51 Лаврищев А.В., Развитие морской портовой инфраструктуры Азово-Черноморского бассейна. Доклад. Совещание членов Морской коллегии РФ. Новороссийск, 29 марта 2013г. URL: http://www.rosmorport.ru/media/File/reports/ACHB_Infrastructure_Report.pdf.
- 52 Лимонов Э.Л. Внешнеторговые операции морского транспорта и мультимодальные перевозки. - СПб.: ИЦ "Выбор", 2006. - 600с.
- 53 Лубенцова В.С. Математические модели и методы в логистике: учеб.пособ. /В.С. Лубенцова. Под редакцией В.П. Радченко. - Самара. Самар. гос. техн.ун-т, 2008,-157 с.
- 54 Ляхов А.В., Свистун Е.А. Информационные системы планирования ресурсов предприятия // Экономика промышленности. 2007. №3 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-sistemy-planirovaniya-resursov-predpriyatiya>.
- 55 Международная конференция (21-я) по сетям Петри. Petri Nets. Introductory tutorial -www.daimi.au.dk/PetriNets/introductions/pn2000_introtut.pdf;
- 56 Миротин, Л.Б. Логистические системы и технологии перевозочного процесса на транспорте, основанные на логистике / Л.Б. Миротин, Ы.Э. Ташбаев//Транспорт: наука, техника, управление: Сб. обзорной информации / ВИНТИ.-М.: 1993. -№ 2.- С. 12-13.
- 57 Модели и методы теории логистики / Под ред. В.С. Лукинского. - СПб.:Питер, 2003. 176 с..
- 58 Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А.Новиков - М.: МПСИ, 2005. - 584 с..
- 59 Новиков, Ф. А. Дискретная математика для программистов : учеб. для вузов Ф. А. Новиков. - 3-е изд. - СПб. : Питер, 2009. - 364 с.
- 60 О ходе реализации национальной морской политики РФ в Азово-Черноморском бассейне. Материалы журнала «Морская политика РФ» №4 2013 г.

- 61 Параскевов Александр Владимирович, Пенкина Юлия Николаевна
Предпосылки разработки адаптивной системы поддержки принятия
оперативных решений в управлении ИТ-проектами // Научный журнал
КубГАУ - Scientific Journal of KubSAU. 2015. №112. URL:
<https://cyberleninka.ru/article/n/predposylki-razrabotki-adaptivnoy-sistemy-podderzhki-prinyatiya-operativnyh-resheniy-v-upravlenii-it-proektami>.
- 62 Полянский, В.М. Имитационное моделирование транспортных систем
/Полянский В.М.- СПб.: Питер, 1998.- 162 с.
- 63 Прокопчук, Ю.А. Метод предельных обобщений для решения слабо
формализованных задач / Ю.А. Прокопчук // Управляющие системы и
машины. -2009.-№1.-С.31-39.
- 64 Пронькин, ЮС. Элементы теории графов и их технические приложения
/Ю.С. Пронькин, Ю.А. Егоров //Учетно-методическое пособие для
студентовтехнических специальностей. Часть 2. Тверь. - 2008 - 87 с.
- 65 Проталинский О. М., Ханова А. А., Бондарева И. О. Имитационная модель
технологических процессов грузового порта // Вестник СГТУ. 2010. №2с.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnaya-model-tehnologicheskikh-protseessov-gruzovogo-porta>.
- 66 Проталинский, О. М. Теоретико-множественная модель процессов
грузового порта / О. М. Проталинский, А. А. Ханова, И. О. Григорьева //
Вестн. Астрахан.гос. техн. ун-та. Сер.управление, вычисл. техн. информ. -
2009 - №2 -С. 83-89.
- 67 Прохоренков, А.М. Математическое моделирование управления
перегрузочными процессами в транспортном узле / А. М. Прохоренков, Р.
А.Истратов // Материалы межд. науч. - техн. конф. "Датчики, приборы и
системы-2012" (г. Ялта, Украина, 17-24 сентября 2012г.). - Крымский
гуманитарный ун-т.-67-70.
- 68 Пупков К.А. Интеллектуальные системы: (Исследование и создание) /
К.А.Пупков. - М.: МГТУ, 2003.- 348с.

- 69 Родкина, Т.А. Информационная логистика / Т.А. Родкина. - М.: Экзамен, 2001. - 288 с.
- 70 Самарский А.А., Михайлов А.П., Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. Издание второе – М.: ФИЗМАТЛИТ - 2005 – 320 с.
- 71 Семенов К.М., Методика систематизации процессов в дискретно-событийной имитационной модели морского порта / Вестник АГТУ, серия: Морская техника и технология, №2 2013, с. 184-192.
- 72 Синельщиков Алексей Владимирович, Кирилова Мария Александровна Исследование влияния инцидентов на транспортировку грузов морским транспортом // Вестник АГТУ. 2012. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-incidentov-na-transportirovku-gruzov-morskim-transportom> (дата обращения: 07.10.2019).
- 73 Справочник по вероятностным расчетам / Г.Г.Абезгауз, А.П.Тронь, Ю.Н.Копенкин, И.А.Коровина. - М.: Воениздат, 1970 - 536 с.
- 74 Степанец А.В. Оптимальное оперативное управление работой морского порта. – Владивосток: ИНТЕР-МОР, – 1997. – 188 с.
- 75 Степанов А.Л. Перегрузочное оборудование портов и транспортных терминалов: Учеб. для вузов / А.Л. Степанов . - СПб.: Политехника, 2013. - 427 с.
- 76 Степанов А.Л. Эволюция портов и экспедиторской деятельности – основа транспортной логистики // Эксплуатация морского транспорта – 2007-№4(50) – С.6-9.
- 77 Стрельников Д.Д., Анализ состояния и перспективы развития портов Российского Азово-Черноморского бассейна / И.А. Стрельникова, А.В. Бачище, Д.Д. Стрельников // Вестник ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова , 2(3) 2013 г. - С 5-8.

- 78 Стрельников Д.Д., Математические основы имитационно-логистического моделирования перевалки грузов через морской порт / И.А. Стрельникова, Д.Д. Стрельников // Эксплуатация морского транспорта №2(75), Новороссийск, 2015 - С. 13-16.
- 79 Стрельников Д.Д., Морской порт Новороссийск - важнейший объект международного транспортного коридора Север-Юг / И.А. Стрельникова, А.В. Бачище, Д.Д. Стрельников // Вестник ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова , 2(3) 2013 г. - С 47-50.
- 80 Стрельников Д.Д., О методе расчета вероятности безотказной работы грузопередающих цепочек морского порта / И.А. Стрельникова, Д.Д. Стрельников // Эксплуатация морского транспорта №3(76), Новороссийск, 2015, С. 15-19.
- 81 Стрельников Д.Д., Общая модель логистической трассы морского порта / Д.Д. Стрельников, И.А. Стрельникова, // Материалы международной научно-практической конференции «Логистика: Современные тенденции развития», СПб: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2016, С. 111-114.
- 82 Стрельников Д.Д., Оптимизация портового грузопередающего комплекса на базе структурно-параметрического синтеза // Материалы научно-практической конференции "Молодая наука 2014", Новороссийск ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2014, с. 45-46.
- 83 Стрельников Д.Д., Оценка пропускной способности морского порта на базе уравнения неразрывности // Вестник ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 3(4) 2013 г. - С. 57 - 60.
- 84 Стрельников Д.Д., Повышение эффективности инфраструктуры морского порта на базе информационно-логистических систем // Материалы международной научно-практической конференции «Современные тенденции и закономерности развития транспортно-логистического комплекса Азово-Черноморского бассейна», Новороссийск 2015, - С. 78-80.

- 85 Стрельников Д.Д., Применение нечеткой логики при прогнозировании перегрузочных процессов в морском порту/ Д.Д. Стрельников, И.А. Стрельникова // Материалы международной научно-практической конференции «Логистика: Современные тенденции развития», СПб: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2016, С. 111-114.
- 86 Стрельников Д.Д., Применение сетевых систем в задачах оперативного управления внутрипортовой деятельностью / Д.Д. Стрельников, Г.И. Артемова // Материалы международной научно-практической конференции «Современные тенденции и закономерности развития транспортно-логистического комплекса Азово-Черноморского бассейна», Новороссийск 2015, С.- 80-81.
- 87 Стрельников Д.Д., Рейтинговая оценка логистических внутрипортовых цепей и коэффициент производительности портовых логистических операций // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология, № 3, Астрахань, 2016, С. 98-106.
- 88 Стрельников Д.Д., Рейтинговая оценка терминальных логистических цепей // Вестник ВГАВТ №52, Нижний Новгород, 2017, с. 15-20.
- 89 Стрельников Д.Д., Транзитные перевозки как способ развития транспортно-логистической сети Юга России // Материалы научно-практической конференции "Молодая наука 2015", Новороссийск ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2015, с. 18-20.
- 90 Стрельников Д.Д., Транзитные перспективы Юга России // «Современные аспекты экономики», Санкт-Петербург, №1 (209), 2015 - С. 45 - 52.
- 91 Стрельников Д.Д., Физико-математическое моделирование КЭЭ портовых перевалочных комплексов / / И.А. Стрельникова, А.В. Бачище, Д.Д. Стрельников // Вестник ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова 2(7) / ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова – Новороссийск, 2014 – С. 48-51.

- 92 Стрельников Д.Д., Физические основы перевалки грузов через морской порт // Материалы научно-практической конференции "Молодая наука 2015", Новороссийск ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2015, с. 30-32.
- 93 Стрельникова И.А., Математическая модель системного анализа в логистике // Известия ВУЗов Сев-Кав. Региона. Технические науки. Спецвыпуск. Проблемы водного транспорта, 2004: С. -41-127.
- 94 Телегин А.И. Развитие перевозок грузов внутренним водным транспортом в свете Транспортной стратегии России на период до 2030 года и зарубежного опыта / А.И. Телегин, А.О. Ничипорук // Вестник транспорта Поволжья. – 2011. – №5 (29). – С. 14–21.
- 95 Титов А. В. Порт в транспортной логистике / А. В. Титов, Е. В. Синельщиков, Д. А. Толстых, Н. А. Леонтьева / под ред. А. Л. Степанова. — СПб.: Лион, 2008. — 228 с.
- 96 Уилсон, Р. Введение в теорию графов Р. Уилсон. - М. : Мир, 1977. - 207 с.
- 97 Управлении сложными системами" (г. Днепропетровск, 24 июня 2011г.). - Днепропетровск: Свидлер А.Л., 2011. - С 122 -126.
- 98 Устинов В.В., Системный анализ технологических Процессов погрузо-разгрузочных работ в порту на примере эксплуатации нефтеналивного причала / В.В. Устинов, Г.А. Зеленков, // Транспортное дело России. - Москва, 2012. - № 3. - С. 58-62.
- 99 Устинов В.В., Системный анализ функционирования морских транспортных путей на Азово-Черноморском бассейне / В.В. Устинов, Г.А. Зеленков, Д.Ю. Салько, // Материалы 9-ой региональной научно-технической конференции «Проблемы эксплуатации водного транспорта и подготовки кадров на юге России». - РИО ФГОУ ВПО «МГА имени адмирала Ф.Ф. Ушакова». - Новороссийск, 2011. - С.5-11.

- 100 Зеленков Г.А., Устинов В.В., Салько Д.Ю. Системный анализ функционирования морских транспортных путей на Азово-Черноморском бассейне. Проблемы эксплуатации водного транспорта и подготовки кадров на юге России: мат. конф. / Девятая региональная науч.-техн. конф. 17-18 декабря 2010 г. – Новороссийск: МГА им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2011.-206 с.
- 101 Устинов В.В., Совершенствование мер, обеспечивающих навигационную безопасность в морских портах / В.В. Устинов// "Транспортное дело России. - Москва, 2011. -№6.-С. 171-175.
- 102 Филиппова Д.А., Кулаженко В.Ф. Перегрузочные комплексы и гидрокомплексы: учеб.-метод. пособие по выполнению практических работ. / Д.А. Филиппова Д.А., В.Ф. Кулаженко - СПб: Изд-во ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2017. - 48 с.
- 103 Фадеев, И.П. Расчет производительности перегрузочных машин [Текст] : метод. указания к лабор. работам для студ. очн. обучения спец.:0611. - Н.Новгород : Изд-во ВГАВТ, 2000. - 46.
- 104 Фадеев, И.П. Расчет элементов транспортного узла [Текст] : метод. указания к выполн. курс. работы по дисц. "Постоянные устройства транспорта и транспортные узлы" для студ.спец.:0611 для очн. и заочн. обучения . - Н.Новгород : Изд-во ВГАВТ, 1998. - 82 с.
- 105 Фадеев, И.П. Теоретические основы оперативного управления грузовой обработкой судов в речных портах [Текст] : дис. ... д-ра техн.наук:05.22.19 / ГИИВТ. - Горький, 1983. - 548 с.
- 106 Ханова, А.А. Анализ логистических процессов грузовых портов на основе технологии имитационного моделирования: монография / А:А. Ханова, И.О.Григорьева (Бондарева). - Астрахань: Издательство «ЦНТЭП», 2008. - 200 с.

- 107 Ханова, А.А. Имитационное моделирование как способ создания системы поддержки принятия управленческих решений на основе оценки качества логистического обслуживания грузового порта / Ханова А.А., Григорьева(Бондарева) И.О. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. -№ 2. - 2009. - С. 111 - 114.
- 108 Ханова, А.А. Оценка эффективности деятельности организации на основе сбалансированной системы показателей и имитационного моделирования (на примере грузового порта) / А.А. Ханова, Григорьева (Бондарева) И.О., Потапова Е.С. // Научно-технические ведомости СПб ГПУ. Выпуск 6. СПб.: СПб ГПУ, 2009. - 172- 179.
- 109 Харари, Ф. Теория графов / Ф. Харари. - М. : Мир, 1973. - 300 с.
- 110 Хастингс, Н. Справочник по статистическим распределениям. / Н.Хастингс, Дж. Пикок, Пер. с англ. А.К. Звонкина - М.: Статистика, 1980.- 95 с.
- 111 Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков./Пер.с англ.- М.:Мир, 1966,- 291 с.
- 112 Чан, Т.Х., Информационная система управления перегрузочными процессами морского порта / Чан Т.Х., Шуршев В.Ф. // Вестник АГТУ. Сер.Морская техника и технология. - 2009. - № 2. - С. 57- 60.
- 113 Чан, Т.Х., Разработка математической модели для решения задачи оптимизации управления перегрузочными процессами морского порта / Чан Т.Х.,Шуршев, В.Ф. // Вестник АГТУ. Управление и моделирование технологических процессов и технических систем. -2011. - № 1. - С. 83-87.
- 114 Шмидт, Б. Искусство моделирования и имитации. Введение в имитационную систему Simplex 3 / Б. Шмидт. - Междунар. Общество моделирования и имитации SCS: Европейское изд, 2003. - 523 с.
- 115 Шумков Е. А. Сетецентрическая система управления на базе нейро-нечеткой топологии // Кубанский Государственный Технологический Университет, // Научный журнал КубГАУ, №103(09), 2014– С. 1-2.

- 116 Michael zurMuehlen. BPM Research and Education: Service Processes—The Customer at the Center? — <https://www.bptrends.com/bpm-research-and-education-service-processes-the-customer-at-the-center/>.
- 117 Van der Aalst W. M. P. Pi calculus versus Petri nets: Let us eat “humble pie” rather than further inflate the “Pi hype” — <http://workflowpatterns.com/documentation/documents/bptrendsPiHype.pdf>.
- 118 Van der Aalst, Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement // Springer Verlag, 2011.
- 119 Van der Aalst, Hofstede A. H. M. YAWL: Yet Another WorkFlow Language — <http://www.yawlfoundation.org/>.

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЕЙСКИЙ МОРСКОЙ ПОРТ

ул. Портовая Аллея, 5, г. Ейск, Краснодарский край, 353685
 тел./факс: 8 (86132) 2-67-14 (Исполнительный директор)
 8 (86132) 2-64-14 (Отдел логистики)
 e-mail: referent@yeiskport.ru



СПРАВКА

о внедрении результатов диссертационного исследования

Стрельникова Дениса Дмитриевича

Результаты диссертационного исследования Стрельникова Д.Д., направленного на разработку методики прогнозирования времени выполнения грузовых операций навалочного терминала морского порта и представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук, рассмотрены руководством АО "Ейский морской порт" и признаны имеющими реальное практическое значение для предприятия. Работа выполнялась с 2014 по 2018 год.

Наиболее существенными результатами исследования являются:

1. метод расчета коэффициента производительности крановой группы;
2. методика определения прогнозируемого времени выполнения грузовой операции;
3. разработка программного обеспечения для прогнозирования времени выполнения перегрузочной операции.

Использование результатов диссертационной работы позволило повысить точность прогнозов по перевалке навалочных грузов на причалах Ейского морского порта.

Исполнительный директор



В.Д. Башта



ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НОВОРОССИЙСКИЙ МОРСКОЙ ТОРГОВЫЙ ПОРТ»

ПАО «НМТП»
353901, Россия,
Краснодарский край,
г. Новороссийск,
Портовая ул., 14
Тел.: (8617) 60-46-30
Факс: (8617) 60-22-03
Email: mail@ncsp.com

ИНН 2315004404
КПП 997650001
р/с 40702810205300001367
Филиал Банка ВТБ (ПАО)
в г. Ростове-на-Дону
г. Ростов-на-Дону
БИК 046015999
к/с 30101810300000000999
ОКПО 01125867
ОГРН 1022302380638

от 13.06.2018

№ 3010-25/105

СПРАВКА

о внедрении результатов диссертационного исследования

Стрельникова Дениса Дмитриевича

Результаты диссертационного исследования Стрельникова Д.Д. на тему "Совершенствование методики прогнозирования времени выполнения портовых перегрузочных процессов в морских портах", представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук, рассмотрены руководством ПАО "Новороссийский морской торговый порт" и признаны имеющими реальное практическое значение для предприятия. Работа выполнялась с 2014 по 2018 год, основным объектом исследования является Восточный грузовой район ПАО "НМТП".

Наиболее существенными результатами исследования являются:

1. метод расчета коэффициента производительности крановой группы;
2. методика определения прогнозируемого времени выполнения грузовой операции;
3. разработка программного обеспечения для прогнозирования времени выполнения перегрузочной операции для диспетчерской службы Восточного грузового района ПАО "НМТП".

Разработанная авторская методика Стрельникова Д.Д. рекомендована к рассмотрению при реализации планов по внедрению инновационных продуктов в деятельность ПАО "НМТП".

Директор по проектам и развитию
ПАО "НМТП",



Халезин А.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица грузовых операций Восточного грузового района за апрель 2017 года.

Откуда	Куда	Судно	Вид груза	Кол-во груза, т	№ Кранов №№ / №№	Ресурсы (техника / люди)	Фактическая Продолжительность	Прогноз	Прогноз (Казаков А.П.)
Состав 8 Путь №4	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	7000	/ 3	1 / 2	83:10:00	80:00:00	74:51:00
Состав 9 Путь №4	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	1610	/ 3	1 / 2	18:45:00	18:24:00	16:41:15
Склад №2	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	10000	2 9 / 3 87	5 / 7	50:25:00	52:44:00	45:22:30
Склад №1	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	5000	7 / 3	2 / 3	48:30:00	46:09:00	41:13:30
Склад №3	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	6420	2 9 / 3 87	6 / 7	30:10:00	29:37:00	25:38:30
Состав 33 Путь №4	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	8470	/ 3 87 7	3 / 6	33:50:00	32:16:00	30:06:42
Склад №5.1	Причал №5	Корсар	Брикеты	20000	/ 102103	4 / 6	18:00:00	20:00:00	15:18:00
Склад №5	Причал №5	Корсар	Брикеты	13000	/ 102 103 104	6 / 9	9:58:00	11:33:00	8:46:14
Состав 2 Путь №2	Склад №5		Брикеты	4480	/ 10 17 012 011	4 / 8	12:20:00	12:48:00	11:28:12
Состав 7 Путь №2	Склад №5		Брикеты	4480	/ 10 17 012 011	4 / 8	13:00:00	12:48:00	11:10:48
Состав 3 Путь №1	Причал №6	Азов Фьюче	Уголь	4480	/ 009 25	2 / 4	27:15:00	25:36:00	23:09:45
Склад №6.1	Причал №6	Азов Фьюче	Уголь	5684	/ 9	1 / 2	19:40:00	18:24:00	17:18:24
Состав 5 Путь №1	Причал №6	Азов Фьюче	Уголь	1610	/ 009 25	2 / 4	9:50:00	9:12:00	8:56:54
Состав 1 Путь №3	Склад №3		Чугун	4480	2 013 9 /	3 / 6	16:50:00	16:00:00	15:39:18

Состав 6 Путь №2	Склад №5		Чугун	5040	/ 10 011 012 17	4 / 8	14:00:00	14:24:00	12:36:00
Состав 10 Путь №2	Склад №7		Чугун	2800	/ 1 16 010 15	4 / 8	8:45:00	8:25:00	7:47:15
Состав 11 Путь №3	Склад №3		Чугун	1890	/ 0 013 2	3 / 6	6:40:00	6:45:00	5:44:00
Состав 15 Путь №2	Склад №5		Чугун	4480	/ 10 012 011	3 / 6	17:10:00	16:00:00	15:16:42
Склад №4	Причал №5	SBI Subaru	Брикеты	8900	12 011 / 102 013	5 / 7	17:20:00	15:15:00	15:15:12
Склад №5	Причал №5	SBI Subaru	Брикеты	15000	/ 102103	6 / 9	32:15:00	30:00:00	28:03:27
Склад №7	Причал №5	SBI Subaru	Брикеты	4228	16 010 / 102 013	5 / 7	11:00:00	10:10:00	9:34:12
Склад №6.1	Причал №6	Фортуна	Уголь	3107	/ 14 009 25	3 / 3	5:35:00	5:19:00	5:01:30
Состав 22 Путь №2	Склад №5		Чугун	4480	/ 10 012 17	3 / 6	18:00:00	18:17:00	16:01:12
Состав 30 Путь №2	Склад №5		Чугун	4410	/ 011 012 17	3 / 6	16:15:00	15:45:00	14:57:00
Склад №6.1	Причал №6	СехерАялд изи	Уголь	3049	/ 9	1 / 2	12:45:00	14:38:00	10:50:15
Склад №6	Причал №6	МумтазАм ка	Уголь	8066	/ 14 25	2 / 4	22:25:00	21:30:00	20:10:30
Склад №3	Причал №4	Аннетта	Брикеты	6000	2 9 013 / 4 98 99	8 / 10	14:30:00	13:17:00	12:36:54
Склад №7	Причал №4	Аннетта	Брикеты	5000	15 16 / 99 4	6 / 8	17:00:00	17:38:00	15:48:36
Состав 30 Путь №2	Склад №5		Чугун	4550	/ 011 012 17	3 / 3	15:00:00	15:53:00	13:21:00
Состав 31 Путь №2	Склад №5		Брикеты	4620	/ 011 012 17 10	4 / 8	13:40:00	13:12:00	12:09:48
Состав 42 Путь №1	Склад №5.1		Чугун	4760	/ 102 103 104	3 / 3	7:00:00	7:11:00	6:30:36
Состав 43 Путь №1	Склад №5.1		Брикеты	4480	/ 102 103 104	3 / 6	7:05:00	6:45:00	6:09:45
Состав 44 Путь №2	Склад №6		Уголь	2030	/ 16 010 15	3 / 3	5:25:00	5:48:00	4:52:30

Состав 45 Путь №4	Склад №1		Уголь	560	/ 7	1 / 1	6:20:00	6:24:00	5:23:00
Состав 45 Путь №3	Склад №3		Уголь	1120	/ 9 013 2	3 / 3	3:25:00	3:12:00	3:06:33
Состав 47 Путь №1	Склад №6.1		Уголь	1400	/ 16 010 15	3 / 3	4:10:00	4:00:00	3:47:30
Состав 48 Путь №2	Склад №5		Чугун	7350	/ 011 012 17	3 / 3	20:38:00	21:00:00	18:34:12
Состав 49 Путь №1	Склад №5.1		Брикеты	4690	/ 102 103 104	3 / 6	6:30:00	6:06:00	5:39:18
Состав 51 Путь №2	Склад №6		Уголь	1610	/ 16 010 15	3 / 3	4:50:00	4:36:00	4:26:48
Состав 52 Путь №3	Склад №3		Уголь	1400	/ 9 013 2	3 / 3	4:20:00	4:00:00	3:46:12
Состав 53 Путь №1	Склад №6.1		Уголь	1050	/ 16 010 15	3 / 3	2:50:00	3:00:00	2:29:36
Состав 54 Путь №2	Склад №5		Чугун	4690	/ 10 011 012 17	4 / 4	13:15:00	13:24:00	11:39:36
Состав 55 Путь №2	Склад №7		Брикеты	4480	/ 1 15 16 010	4 / 8	26:35:00	26:56:00	24:27:24
Склад №7	Причал №4	Ибрахим Бей	Уголь	6789	15 1 / 99 4	6 / 8	27:15:00	30:00:00	23:58:48
Состав 56 Путь №4	Склад №2		Уголь	560	/ 7	1 / 1	6:15:00	6:24:00	5:37:30
Состав 57 Путь №3	Склад №3		Уголь	980	/ 9 013 2	3 / 3	3:00:00	2:48:00	2:45:36
Состав 58 Путь №1	Склад №6.1		Уголь	2030	/ 14 009 25	3 / 3	11:20:00	11:36:00	10:18:48
Склад №6.1	Причал №6	Бахар Ка	Уголь	3360	/ 14 009 25	3 / 6	6:10:00	5:45:00	5:44:06
Состав 60 Путь №1	Причал №6	Бахар Ка	Уголь	4410	/ 14 25	2 / 4	27:40:00	25:12:00	24:04:12
Склад №5.1	Причал №5	Аеолос	Чугун	4760	/ 102 103 104	6 / 9	1:55:00	2:06:00	1:41:12
Состав 59 Путь №1	Причал №5	Аеолос	Чугун	4060	/ 102 103 104	3 / 6	12:20:00	12:53:00	10:36:24
Склад №5	Причал №5	Аеолос	Чугун	12755	/ 102 103 104	6 / 9	10:47:00	11:20:00	9:55:14

Состав 63 Путь №1	Причал №5	Аеолос	Чугун	8820	/ 102 103 104	3 / 6	26:43:00	28:00:00	24:02:42
Состав 61 Путь №2	Склад №5		Брикеты	9030	/ 011 012 17 10	4 / 8	25:15:00	25:48:00	21:42:54
Состав 62 Путь №3	Склад №3		Уголь	4270	/ 9 013 2	3 / 3	13:35:00	12:12:00	12:21:39
Состав 64 Путь №2	Склад №5		Брикеты	8960	/ 011 012 17 10	4 / 8	26:00:00	25:36:00	23:24:00
Состав 65 Путь №3	Склад №3		Уголь	1260	/ 9 013 2	3 / 3	3:30:00	3:36:00	3:13:12
Состав 66 Путь №3	Склад №3		Уголь	2310	/ 9 013 2	3 / 3	6:50:00	6:36:00	5:52:36
Склад №1	Причал №2	ЮнисонПа уэр	Брикеты	2981	7 / 87	1 / 2	24:00:00	22:21:00	22:04:48
Состав 67 Путь №2	Склад №5		Чугун	4559	/ 011 012 17 10	4 / 4	13:35:00	13:01:00	12:13:30
Состав 68 Путь №1	Причал №5	Корсар	Брикеты	4410	/ 102 103 104	3 / 6	14:45:00	14:00:00	12:32:15
Склад №5	Причал №5	Корсар	Брикеты	19560	/ 102 103 104	6 / 9	24:00:00	23:10:00	20:38:24
Состав 69 Путь №2	Склад №6		Уголь	1960	/ 16 010 15	2 / 2	8:10:00	8:23:00	7:21:00
Состав 70 Путь №3	Склад №3		Уголь	2240	/ 9 013 2	3 / 3	6:45:00	6:24:00	6:00:27
Состав 71 Путь №3	Склад №3		Уголь	2380	/ 9 013 2	2 / 2	10:40:00	10:12:00	9:36:00
Состав 72 Путь №2	Склад №5		Чугун	5110	/ 10 012 17 011	4 / 4	14:15:00	14:35:00	13:06:36
Состав 74 Путь №4	Склад №2		Уголь	630	/ 7	1 / 1	7:00:00	7:12:00	5:57:00
Состав 75 Путь №3	Склад №3		Уголь	910	/ 9 013 2	3 / 3	7:10:00	6:48:00	6:31:18
Состав 76 Путь №2	Склад №7		Чугун	9030	/ 16 010 15 1	4 / 4	26:35:00	27:09:00	22:51:42
Состав 77 Путь №1	Склад №5.1		Брикеты	4480	/ 102 103 104	3 / 6	6:30:00	6:45:00	5:58:48
Состав 78 Путь №3	Склад №2		Уголь	840	/ 9 013 2	3 / 3	2:40:00	2:24:00	2:24:00

Склад №5.1	Причал №5	ЯсарКемал	Брикеты	13650	/ 102 103 104	3 / 6	5:40:00	6:04:00	5:12:48
Склад №5	Причал №5	ЯсарКемал	Брикеты	2910	/ 102 103 104	6 / 9	2:45:00	2:35:00	2:28:30
Склад №4	Причал №5	ЯсарКемал	Брикеты	1100	011 012 10 17 / 102 103 104	9 / 12	1:45:00	1:34:00	1:33:27
Склад №7	Причал №5	ЯсарКемал	Брикеты	20016	16 010 15 1 / 102 103 104	9 / 12	36:50:00	37:30:00	34:15:18
Состав 86 Путь №1	Причал №5	ЯсарКемал	Брикеты	4480	/ 102 103 104	3 / 6	5:50:00	6:45:00	5:08:00
Состав 78 Путь №1	Склад №6		Уголь	1820	009 14 25 / 16 010 15	7 / 7	6:20:00	6:41:00	5:30:36
Состав 81 Путь №4	Склад №2		Уголь	2450	/ 7	1 / 1	28:45:00	28:00:00	25:35:15
Состав 82 Путь №3	Склад №2		Уголь	630	/ 9 013 2	3 / 3	2:00:00	1:48:00	1:50:24
Состав 83 Путь №3	Склад №2		Уголь	770	/ 9 013 2	3 / 3	2:20:00	2:11:00	2:04:36
Состав 84 Путь №2	Склад №4		Уголь	1820	/ 10 012 17 011	4 / 4	3:40:00	3:27:00	3:07:00
Склад №6.1	Причал №6	МумтазАм ка	Уголь	4433	/ 14 009 25	3 / 6	7:00:00	7:48:00	6:18:00
Склад №6	Причал №6	МумтазАм ка	Уголь	3788	/ 14 009 25	3 / 6	13:05:00	14:40:00	12:02:12
Состав 85 Путь №2	Склад №5		Чугун	4550	/ 10 012 17 011	4 / 4	13:30:00	13:00:00	11:52:48
Состав 87 Путь №1	Склад №5.1		Чугун	4550	/ 102 103 104	3 / 3	7:00:00	6:52:00	6:01:12
Склад №3	Причал №2	Вирсеборг	Уголь	3082	9 2 / 87 7	4 / 6	14:40:00	14:13:00	13:20:48
Состав 89 Путь №4	Причал №2	Вирсеборг	Уголь	1190	/ 87	1 / 2	13:20:00	13:36:00	11:52:00
Состав 90 Путь №4	Причал №2	Вирсеборг	Уголь	4760	/ 87 7	2 / 4	27:40:00	27:12:00	24:04:12
Состав 91 Путь №2	Склад №5		Брикеты	8260	/ 10 012 17 011	4 / 8	24:00:00	23:36:00	20:52:48
Склад №5	Причал №5	ХонестСпр инг	Чугун	26500	/ 102103	4 / 6	50:20:00	53:00:00	45:48:12

Состав 96 Путь №1	Причал №5	ХонестСпр инг	Чугун	280	/ 102	1 / 2	2:30:00	2:40:00	2:19:30
Склад №5	Причал №5	ХонестСпр инг	Чугун	20396	/ 102103	4 / 6	24:09:00	27:11:00	21:58:35
Состав 98 Путь №1	Причал №5	ХонестСпр инг	Чугун	5670	/ 102103	2 / 4	26:00:00	27:00:00	23:24:00
Состав 91 Путь №1	Склад №6.1		Уголь	1190	/ 14 009 25	3 / 3	3:15:00	3:24:00	2:45:45
Состав 92 Путь №1	Склад №6.1		Уголь	1960	/ 14 009 25	3 / 3	5:45:00	5:36:00	5:20:51
Состав 93 Путь №2	Склад №5		Брикеты	4480	/ 10 012 17 011	4 / 8	18:00:00	18:17:00	15:28:48
Состав 94 Путь №3	Склад №3		Уголь	770	/ 9 013 2	3 / 3	2:10:00	2:11:00	2:00:54
Состав 95 Путь №3	Склад №3		Уголь	2170	/ 9 013 2	3 / 3	6:35:00	6:12:00	5:55:30
Состав 97 Путь №2	Склад №7		Брикеты	4550	/ 16 010 15 1	4 / 7	16:10:00	15:38:00	14:33:00
Состав 99 Путь №3	Склад №2		Брикеты	8890	/ 9 013 2	3 / 6	32:25:00	31:45:00	29:29:57
Состав 100 Путь №2	Склад №6		Уголь	5530	/ 16 010 15 1	4 / 4	14:00:00	12:38:00	11:54:00
Состав 101 Путь №4	Склад №2		Уголь	2730	/ 7	1 / 1	30:00:00	31:12:00	26:24:00
Склад №5.1	Причал №5	Аниттепе С	Чугун	5053	/ 102	2 / 3	8:50:00	7:35:00	8:07:36
Состав 102 Путь №1	Склад №5.1		Чугун	4047	/ 102 103 104	3 / 3	6:30:00	6:06:00	5:43:12
Состав 103 Путь №2	Склад №5		Брикеты	4410	/ 10 012 17 011	4 / 8	13:10:00	12:36:00	11:51:00
Состав 104 Путь №2	Склад №5		Чугун	4480	/ 10 012 17 011	4 / 4	12:25:00	12:48:00	11:03:03
Состав 105 Путь №1	Склад №5.1		Брикеты	9030	/ 102 103 104	3 / 6	13:00:00	13:37:00	11:42:00
Состав 106 Путь №3	Склад №2		Уголь	3390	/ 9 013 2	3 / 3	10:30:00	9:41:00	9:33:18
Состав 106 Путь №3	Склад №1		Уголь	2270	9 / 7	3 / 3	27:40:00	25:56:00	25:10:36

Состав 107 Путь №2	Склад №6		Уголь	2730	/ 16 010 15 1	4 / 4	6:35:00	6:14:00	5:39:42
Состав 108 Путь №1	Причал №5	Менелаос	Чугун	4830	/ 102 103 104	3 / 6	7:40:00	7:17:00	7:03:12
Состав 113 Путь №1	Причал №5	Менелаос	Чугун	4410	/ 102 103 104	3 / 6	7:20:00	6:39:00	6:40:24
Состав 116 Путь №1	Причал №5	Менелаос	Чугун	5040	/ 102 103 104	3 / 6	8:00:00	7:35:00	7:16:48
Состав 124 Путь №1	Причал №5	Менелаос	Чугун	4550	/ 102 103 104	3 / 6	6:20:00	6:52:00	5:49:36
Склад № 5.1	Причал №5	Менелаос	Чугун	4047	/ 102 103 104	3 / 6	2:00:00	1:47:00	1:46:48
Склад №5	Причал №5	Менелаос	Чугун	12298	/ 102 103 104	6 / 9	15:15:00	14:34:00	13:43:30
Состав 109 Путь №2	Склад №5		Брикеты	4480	/ 10 012 17 011	4 / 8	12:00:00	12:48:00	10:33:36
Состав 110 Путь №4	Причал №2	ТурканСэй лан	Уголь	4690	/ 3 87	2 / 4	26:10:00	26:48:00	24:20:06
Состав 115 Путь №4	Причал №2	ТурканСэй лан	Уголь	4200	/ 87	1 / 2	48:00:00	48:00:00	42:14:24
Состав 121 Путь №4	Причал №2	ТурканСэй лан	Уголь	4550	/ 87	1 / 2	26:35:00	26:00:00	24:11:27
Состав 121 Путь №4	Причал №2	ТурканСэй лан	Уголь	280	/ 87	1 / 2	3:10:00	3:12:00	2:54:48
Состав 111 Путь №2	Склад № 6		Уголь	2660	/ 16 010 15 1	4 / 4	6:15:00	6:04:00	5:26:15
Состав 112 Путь №2	Склад № 6		Уголь	1190	/ 16 010 15	3 / 3	3:10:00	3:24:00	2:47:12
Состав 114 Путь №3	Склад №5		Брикеты	8960	29013 / 1017012	9 / 9	33:15:00	32:00:00	28:55:39
Склад №7	Причал №3	Улусой-8	Уголь	3211	16 / 3	3 / 4	27:45:00	29:38:00	23:51:54
Состав 117 Путь №2	Склад №5		Брикеты	5180	/ 10 012 17 011	4 / 8	14:00:00	14:48:00	12:52:48
Склад №6.1	Причал №6	СехерАялд изи	Уголь	7583	/ 14 25	2 / 4	18:50:00	20:13:00	17:19:36
Склад №6	Причал №6	СехерАялд изи	Уголь	917	/ 14	2 / 3	7:25:00	8:00:00	6:22:42

Состав 119 Путь №2	Склад №6		Уголь	3080	/ 16 010 15 1	4 / 4	6:50:00	7:02:00	6:04:54
Состав 122 Путь №2	Склад №6		Уголь	770	/ 16 010 15	4 / 4	1:40:00	1:45:00	1:32:00
Состав 126 Путь №2	Склад №6		Уголь	3579	/ 16 010 15	4 / 4	8:30:00	8:10:00	7:18:36
Склад №5	Причал №5	Пауль	Брикеты	22000	102 103 104	2 / 6	38:20:00	39:06:00	35:16:00

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Выборка грузовых операций Восточного грузового района за 2017 года для расчета Кнсп

Откуда	Куда	Судно	Груз	Кол-во груза	Краны		Фактическое время	Прогноз	Нв/Нн	Кнсп факт
Состав 3 путь №1	Причал №6	Азов Фьюче	Уголь	4480		009 25	22:55:07	25:36:00	0,750	0,838
Склад №6.1	Причал №6	Азов Фьюче	Уголь	5684		9	15:43:35	18:24:00	0,500	0,585
Состав 5 путь №1	Причал №6	Азов Фьюче	Уголь	1610		009 25	9:29:40	9:12:00	0,333	0,323
Склад №4	Причал №5	SBI Subaru	Брикет ы	8900	12 011	102 013	12:33:05	15:15:00	0,375	0,456
Склад №5	Причал №5	SBI Subaru	Брикет ы	15000		102 103	26:54:21	30:00:00	0,667	0,743
Склад №7	Причал №5	SBI Subaru	Брикет ы	4228	16 010	102 013	8:55:05	10:10:00	0,556	0,633
Состав 42 путь №1	Склад №5.1		Чугун	4760		102 103 104	6:59:40	7:11:00	0,875	0,899
Состав 43 путь №1	Склад №5.1		Брикет ы	4480		102 103 104	5:41:29	6:45:00	0,500	0,593
Состав 44 путь №2	Склад №6		Уголь	2030		16 010 15	6:04:24	5:48:00	0,375	0,358
Состав 45 путь №4	Склад №1		Уголь	560		7	9:56:16	6:24:00	0,125	0,081
Состав 45 путь №3	Склад №3		Уголь	1120		9 013 2	3:19:48	3:12:00	0,333	0,320
Состав 47 путь №1	Склад №6.1		Уголь	1400		16 010 15	6:22:47	4:00:00	0,167	0,105
Состав 48 путь №2	Склад №5		Чугун	7350		011 012 17	19:09:38	21:00:00	0,750	0,822
Состав 49 путь	Склад		Брикет	4690		102 103 104	7:14:41	6:06:00	0,250	0,211

№1	№5.1		ы							
Состав 51 путь №2	Склад №6		Уголь	1610		16 010 15	4:07:32	4:36:00	0,750	0,836
Состав 52 путь №3	Склад №3		Уголь	1400		9 013 2	3:53:01	4:00:00	0,889	0,916
Состав 53 путь №1	Склад №6.1		Уголь	1050		16 010 15	2:43:29	3:00:00	0,750	0,826
Состав 54 путь №2	Склад №5		Чугун	4690		10 011 012 17	11:06:40	13:24:00	0,375	0,452
Состав 55 путь №2	Склад №7		Брикет ы	4480		1 15 16 010	24:25:06	26:56:00	0,625	0,689
Склад №6.1	Причал №6	БАХАР КА	Уголь	3360		14 009 25	5:35:36	5:45:00	0,889	0,914
Состав 60 путь №1	Причал №6	БАХАР КА	Уголь	4410		14 25	22:45:51	25:12:00	0,667	0,738
Склад №5.1	Причал №5	Аеолос	Чугун	4760		102 103 104	2:12:13	2:06:00	0,333	0,318
Состав 59 путь №1	Причал №5	Аеолос	Чугун	4060		102 103 104	11:35:09	12:53:00	0,750	0,834
Склад №5	Причал №5	Аеолос	Чугун	12755		102 103 104	9:32:52	11:20:00	0,500	0,594
Состав 63 путь №1	Причал №5	Аеолос	Чугун	8820		102 103 104	26:14:30	28:00:00	0,875	0,934
Состав 61 путь №2	Склад №5		Брикет ы	9030		011 012 17 10	23:31:07	25:48:00	0,667	0,731
Состав 62 путь №3	Склад №3		Уголь	4270		9 013 2	10:16:10	12:12:00	0,500	0,594
Состав 64 путь №2	Склад №5		Брикет ы	8960		011 012 17 10	26:26:47	25:36:00	0,375	0,363
Состав 65 путь №3	Склад №3		Уголь	1260		9 013 2	3:23:23	3:36:00	0,778	0,826
Состав 66 путь №3	Склад №3		Уголь	2310		9 013 2	6:25:58	6:36:00	0,875	0,898

Склад №3	Причал №2	ВИРСЕБОРГ	Уголь	3082	9 2	87 7	13:15:43	14:13:00	0,833	0,893
Состав 89 путь №4	Причал №2	ВИРСЕБОРГ	Уголь	1190		87	12:26:34	13:36:00	0,750	0,820
Состав 90 путь №4	Причал №2	ВИРСЕБОРГ	Уголь	4760		87 7	30:46:09	27:12:00	0,250	0,221
Состав 108 путь №1	Причал №5	МЕНЕЛАОС	Чугун	4830		102 103 104	6:31:14	7:17:00	0,750	0,838
Состав 113 путь №1	Причал №5	МЕНЕЛАОС	Чугун	4410		102 103 104	5:52:47	6:39:00	0,556	0,628
Состав 116 путь №1	Причал №5	МЕНЕЛАОС	Чугун	5040		102 103 104	7:06:02	7:35:00	0,833	0,890
Состав 124 путь №1	Причал №5	МЕНЕЛАОС	Чугун	4550		102 103 104	6:15:34	6:52:00	0,750	0,823
Склад № 5.1	Причал №5	МЕНЕЛАОС	Чугун	4047		102 103 104	1:28:57	1:47:00	0,375	0,451
Склад №5	Причал №5	МЕНЕЛАОС	Чугун	12298		102 103 104	20:52:09	14:34:00	0,125	0,087
Состав 109 путь №2	Склад №5		Брикеты	4480		10 012 17 011	10:50:18	12:48:00	0,500	0,591
Состав 8 Путь №4	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	7000		3	72:47:36	80:00:00	0,667	0,733
Состав 9 Путь №4	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	1610		3	17:21:31	18:24:00	0,778	0,824
Склад №2	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	10000	2 9	3 87	51:11:51	52:44:00	0,889	0,916
Склад №1	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	5000	7	3	43:32:16	46:09:00	0,833	0,883
Склад №3	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	6420	2 9	3 87	26:40:54	29:37:00	0,750	0,833
Состав 33 Путь №4	Причал №3	Босфорус Принц	Уголь	8470		3 87 7	27:22:04	32:16:00	0,500	0,590

