

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Днепровский национальный университет железнодорожного
транспорта имени академика В. Лазаряна
Кафедра «Транспортные узлы»

НАЦИОНАЛЬНАЯ ШКОЛА МАСТЕРСТВА И ПРОФЕССИЙ
СНАМ, ФРАНЦИЯ

«К ЗАЩИТЕ ДОПУЩЕНО»

Заведующий кафедрой:

к.т.н., доцент _____ Березовый Н. И.

(уч. звание, степень) (подпись) (ФИО)

« ____ » _____ 2020 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ДИПЛОМНОЙ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЕ

на получение ОКУ «магистр»

Направление 1801 «Специфические категории»

Специальность 8.18010025 «Интероперабельность и безопасность на
железнодорожном транспорте»

Тема ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ
ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО И МОРСКОГО ТРАНСПОРТА

Выполнила:

_____ Савицкая Кристина Васильевна
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Руководитель:

к.т.н., доцент _____ Малашкин В. В.
(уч. звание, степень) (подпись) (фамилия и инициалы)

Днепр
2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна
Кафедра «Транспортные узлы»

НАЦИОНАЛЬНАЯ ШКОЛА МАСТЕРСТВА И ПРОФЕССИЙ
СНАМ, ФРАНЦИЯ

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой:

к.т.н., доцент _____ Березовый Н. И.
(уч. звание, степень) (подпись) (ФИО)

« ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ
НА ДИПЛОМНУЮ МАГИСТЕРСКУЮ РАБОТУ

Савицкая Кристина Васильевна
(ФИО)

1. Тема работы Повышение эффективности международных перевозок в условиях взаимодействия железнодорожного и морского транспорта

утверждено приказом по университету № 182ст от « 27 » мая 2020 г

2. Срок подачи студентом законченной работы _____ 07.12.2020 г

3. Исходные данные для работы Вагонопоток Одесского железнодорожного узла, продолжительность основных технологических операций по обработке вагонов на сортировочной и грузовой припортовой станциях

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Название раздела	Объем %	Количество слайдов
1. Особенности интеграции Украинской транспортной инфраструктуры в Трансевропейскую транспортную сеть	10	1
2. Анализ инфраструктуры и технологии работы транспортных подсистем обработки вагонов назначением в морские порты	25	2
3. Формирование математической модели процесса взаимодействия железнодорожного транспорта и морского порта	15	1
4. Совершенствование процесса обработки вагонопотоков назначением в морской порт	30	3
5. Экономическая эффективность совершенствования автоматизированного рабочего места маневрового диспетчера	20	2
	100	9

Студент _____ / Савицкая К. В. /

Научный руководитель _____ / Малашкин В. В. /

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ УКРАИНСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ТРАНСЪЕВРОПЕЙСКУЮ ТРАНСПОРТНУЮ СЕТЬ	8
1.1 История создания Трансъевропейских транспортных сетей	8
1.2 Структура Трансъевропейских транспортных сетей.....	10
1.3 Нормативно-правовое обеспечение транспортной политики ЕС	14
1.4 Инфраструктурные требования к компонентам <i>TEN-T</i>	16
1.5 Анализ проблем включения транспортной инфраструктуры Украины в <i>TEN-T</i>	21
2 АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ ПОДСИСТЕМ ОБРАБОТКИ ВАГОНОВ НАЗНАЧЕНИЕМ В МОРСКИЕ ПОРТЫ.....	25
2.1 Этапы развития, состояние и прогрессивные тенденции взаимодействия морского и железнодорожного транспорта.....	25
2.2 Анализ конструктивно-технологических параметров объектов транспортных подсистем обработки вагонов назначением в морские порты.....	31
2.3 Анализ показателей работы припортовых станций на сети железных дорог.....	40
2.4 Выводы по главе 2.....	46

Зам. Инв. №									
	Подпись Дата								
Инв. № ор.	Сод.	Лист	№ док	Подпись	Дата	ДНУЖТ – 8.18010025			
	Выполнил	Савицкая							
	Осн. руков.	Малашкин				Повышение эффективности международных перевозок в условиях взаимодействия железнодорожного и морского транспорта	Стадия	Лист	Листов
	Консульт.						МР	3	98
	Н. контр						Кафедра «Транспортные узлы»		
Зав. каф.	Березовый								

3 ФОРМИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА И МОРСКОГО ПОРТА.....	47
4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ВАГОНОПОТОКОВ НАЗНАЧЕНИЕМ В МОРСКОЙ ПОРТ.....	56
4.1 Процедура определения величины приоритетного вагонотока.....	56
4.2 Определение числа сортировочных путей для обработки приоритетных вагонотоков.....	58
4.3 Формирование имитационных моделей функционирования объектов транспортной подсистемы «Сортировочная станция – Грузовые станции – Районные парки порта».....	65
4.4 Моделирование процесса функционирования транспортной подсистемы «Сортировочная станция - Грузовая станции - Районные парки порта».....	71
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА МАНЕВРОВОГО ДИСПЕТЧЕРА	76
5.1 Рекомендации по усовершенствованию автоматизированного рабочего места маневрового диспетчера	76
5.2 Экономическое обоснование эффективности использования технологии обработки вагонотоков в транспортной подсистеме с учётом их приоритетности	79
ВЫВОДЫ.....	87
БИБЛИОГРАФИЯ.....	89
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	94
СПИСОК РИСУНКОВ.....	95
СПИСОК ТАБЛИЦ	97
АННОТАЦИЯ	98

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

TEN-T – трансъевропейская транспортная сеть

TEU – эквивалент 20-футового контейнера

АРМ – автоматизированное рабочее место

ГС – грузовая станция

ДСЦ – маневровый диспетчер

ЕС – Европейский Союз

ИТС – интеллектуальные транспортные системы

МТК – международный транспортный коридор

МТП – морской торговый порт

РП – районный парк морского порта

СППР – система поддержки и принятия решений

СС – сортировочная станция

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

ВВЕДЕНИЕ

С целью создания условий для функционирования транспортной сети Украины и её интеграции в мировую транспортную сеть, а также для выработки скоординированной политики в транспортной среде Украины в течение последнего десятилетия законодательством Украины был создан и введён ряд стратегических документов, определяющих направления развития железнодорожного транспорта с учётом особенностей отрасли, её роли в процессах внешнеэкономических отношений и обеспечения эффективности национальной экономики.

Одним из направлений повышения эффективности работы международных перевозок является решение вопроса эффективного взаимодействия морского и железнодорожного транспорта, поскольку привлечение транзитного евразийского потока обеспечивает значительную пользу от экспорта и импорта транспортных услуг. Однако в условиях ухудшения ситуации на транспорте в результате экономического кризиса украинский транспортный рынок переживает длительный спад объёмов перевозок. Кроме того, неудовлетворительным является подход к вопросам технических и технологических инноваций и модернизации технических объектов, что приводит к нерациональному использованию технических мощностей транспорта в условиях развития международных перевозок и, как следствие, к увеличению непроизводительных простоев вагонов международных потоков в процессе их обработки на станциях.

При таких условиях среди объектов транспортной отрасли, задействованных в процессе международных грузоперевозок, требует исследования транспортная подсистема взаимодействия железнодорожного транспорта с морскими портами. Под этой транспортной подсистемой понимается технологически согласованный комплекс организационных транспортных структур и технических устройств по переработке и перемещения вагонопотоков, объектами которой являются опорная

сортировочная станция, припортовых грузовые станции и районные парки морского порта.

Оптимизация основных конструктивно технологических параметров указанной подсистемы позволит повысить эффективность её функционирования и уменьшить непроизводительные простои местных вагонов, в том числе международного назначения.

Исходя из вышеизложенного, вопросы, рассматриваемые в дипломной работе, являются актуальными и ориентированы на решение важной задачи повышения эффективности перевозок грузов в международном сообщении.

1 ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ УКРАИНСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ТРАНСЪЕВРОПЕЙСКУЮ ТРАНСПОРТНУЮ СЕТЬ

Интеграция Украины в международную транспортную сети, и, в частности, в европейскую – один из основных приоритетов среднесрочного плана приоритетных действий правительства до 2030 года. Ожидается, что интеграция транспортной системы Украины в европейскую будет долговечной, учитывая сроки имплементации законодательства Европейского Союза (ЕС) и с учётом институциональной и технологической модернизации транспортной инфраструктуры.

1.1 История создания Трансъевропейских транспортных сетей

История совместной инфраструктурной политики ЕС в целом начинается с 90-х годов, когда 12 стран-членов ЕС после подписания Маастрихтского соглашения приняли решение о создании ряда инфраструктурных проектов, способствующих функционированию внутреннего рынка ЕС с помощью развития эффективной транспортной сети. Так, 23 июня 1996 года были приняты первые «Правила сообщества», утверждённые Решением № 1692/96 ЕС [1] для разработки Трансъевропейской сети в транспортном секторе (*TEN-T*), ставшие генеральным планом, который связал между собой национальные сети всех видов транспорта. Впоследствии в несколько этапов в эти правила вносились изменения (1995-1999, 2000-2006 и 2007-2013 гг.) в соответствии с тем, как эволюционировало отношение к окружающей среде, развивались ИТ-технологии и менялся состав ЕС вследствие географического расширения. Тогда основной задачей *TEN-T* была определена стимуляция экономического роста и конкурентоспособности в едином экономическом европейском торговом пространстве за счёт эффективных мультимодальных высокоскоростных маршрутов и безбарьерного транзита грузов по территории стран-членов проекта и стран-

соседей. Таким образом, *TEN-T* олицетворяет собой часть Лиссабонской стратегии по повышению конкурентоспособности и занятости.

Однако, в 2005 году был сделан вывод о том, что *TEN-T* прогрессирует слишком медленно. Чтобы улучшить ситуацию были определены европейские координаторы [2], а для реализации программы *TEN-T* в 2006 году было создано Исполнительное агентство Трансьевропейской транспортной сети при Еврокомиссии (*Trans-European Transport Network Executive Agency – TEN-T EA*). Сегодня, учитывая трансформации, произошедшие в работе программы *TEN-T*, его преемником является Исполнительное агентство по инновациям и сетей (*Innovation and Networks Executive Agency – INEA*), которое начало свою работу с 1 января 2014 года и нацелено на повышение эффективности технического и финансового управления [3].

Уже в 2009 году были кардинально пересмотрены подходы к финансированию инфраструктурных проектов. Европейская Комиссия провела *SWOT*-анализ функционирования *TEN-T*, построенный на основе рекомендаций технических экспертов. На этой основе разрабатывались новые подходы к реализации проектов, в частности, были применены инновации относительно систем управления, усиление юридической формы сотрудничества, подхода к созданию сети и инструментов финансирования *TEN-T*.

Тогда же Европейский Союз активировал новый подход к реализации транспортной политики на период до 2030 года, что отразилось в Белой книге ЕС: он отличался смещением фокуса с отдельных проектов на создание стратегической сети мультимодальных коридоров, которые должны безгранично объединять Восток и Запад, Север и Юг, центр – с «географической» периферией. Так, были созданы девять мультимодальных коридоров, за счёт которых Еврокомиссия планировала устранить «узкие места» между транспортными сетями стран-членов ЕС, которые до сих пор создают барьеры для функционирования внутреннего рынка и свободного перемещения грузов и пассажиров в пределах ЕС. В частности, внимание

акцентировано на несовместимых стандартах для железнодорожных перевозок пассажиров и грузов.

В 2017 было объявлено решение Европейской Комиссии о географическом расширении *TEN-T* на страны Восточной Европы и возможность включения в сеть стран-членов Восточного партнёрства, в том числе и Украины [4].

1.2 Структура Трансъевропейских транспортных сетей

Как уже отмечалось выше, основой *TEN-T* является девять мультимодальных коридоров, объединяющих транспортные сети 28 стран-членов ЕС, а также включающих железные дороги, железнодорожные терминалы, автодороги, внутренние водные пути, речные и морские порты, аэропорты (для пассажирских перевозок). Базовая сеть мультимодальных коридоров *TEN-T* представлена на рис. 1.1.

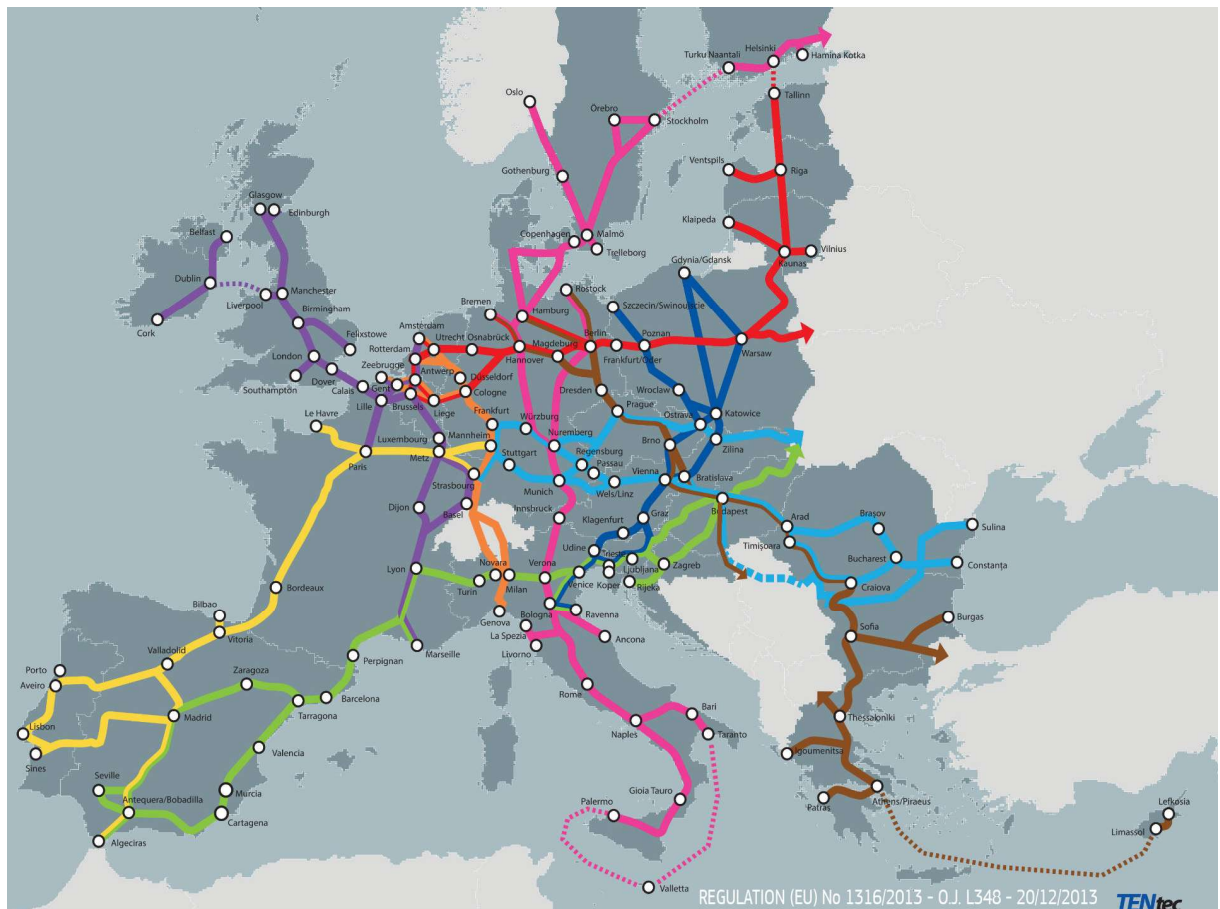


Рис. 1.1 – Базовая сеть мультимодальных коридоров *TEN-T*

Представленная сеть *TEN-T* включает такие коридоры.

1) **Скандинавско-средиземноморский коридор** (*Scandinavian-Mediterranean*) – это самая важная для европейской экономики ось в направлении с Севера на Юг. Маршрут этого коридора пересекает Балтийское море от Финляндии в Швецию и далее проходит через Германию, Альпы и Италию. Он сочетает крупные городские центры и порты Скандинавии и Северной Германии с промышленно развитыми центрами Южной Германии, Австрии и Италии, а также итальянскими портами и Валеттой.

2) **Североморско-балтийский коридор** (*North Sea-Baltic*) соединяет порты восточного побережья Балтийского моря с портами Северного моря. Этот коридор соединяет порты Финляндии и Эстонии паромами, а дальше современными автомобильными и железнодорожными путями объединяет три балтийские государства – Литву, Латвию и Эстонию, с одной стороны, и Польшу, Германию, Нидерланды и Бельгию – с другой. Этот мультимодальный коридор включает реку Одра, которая является внутренним водным путём и объединяет немецкие, голландские и фламандские порты.

3) **Североморско-средиземноморский коридор** (*North Sea-Mediterranean*) простирается от Ирландии и севера Великобритании через Нидерланды, Бельгию и Люксембург в Средиземное море на юге Франции. Этот мультимодальный коридор включает внутренние водные пути стран Бенилюкса и Франции и ставит своей целью не только предлагать лучшие мультимодальные услуги между портами Северного моря, бассейнами рек Маас, Рейн, Шельда, Сена, Саон и Рона, а также портами Фос-сюр-Мер и Марсель, но и улучшение транспортной доступности между Британскими островами и континентальной Европой.

4) **Балтийско-адриатический коридор** (*Baltic-Adriatic*) является одним из самых важных трансъевропейских маршрутов. Он объединяет Балтийское и Адриатическое моря через промышленные зоны Южной Польши (Верхняя Силезия), Вена и Братиславу, восточноальпийский регион и Северную Италию.

5) **Восточный коридор** (*Orient-East Med*) соединяет морские порты Северного и Балтийского морей с морскими портами Чёрного и Средиземного морей, оптимизируя таким образом использование соответствующих портов и автострад, которые их связывают. Также маршрут этого коридора охватывает внутренние водные пути, в частности Эльбу, что даёт возможность улучшить мультимодальные связи между северной Германией, Чехией, Паннонским регионом (или Карпатским бассейном) и Юго-Восточной Европой. Он простирается по морю из Греции на Кипр.

6) **Рейн-альпийский коридор** (*Rhine-Alpine*) является одним из самых загруженных мультимодальных коридоров. Он стартует в портах Роттердам и Антверпен по направлению к Средиземноморскому бассейну в Геную. Его маршрут пролегает через Швейцарию и некоторые крупные экономические центры Рейн-Рурского бассейна и района Рейн-Майн-Некар, далее проходит через агломерацию Милан в Северной Италии. Этот мультимодальный коридор включает реку Рейн как внутренний водный путь.

7) **Атлантический коридор** (*Atlantic*) объединяет западную часть Пиринейского полуострова с Парижем, где его маршрут раздваивается: одна ветвь идёт к морскому порту Гавр, мимо Руан, а другая – в Мангейм и Страсбург. В рамках этого коридора, перемещение также происходит по внутренним водным путям по реке Сена.

8) **Рейн-дунайский коридор** (*Rhine-Danube*) является магистральным, где центральное место занимает Дунайская транспортная водная магистраль. Маршрут этого мультимодального коридора соединяет центральные районы вокруг Страсбурга и Франкфурта и дальше проходит через южную часть Германии в Вену, Братиславу, Будапешт и, наконец, к Чёрному морю. В районе Мюнхена этот коридор имеет ответвления в направлении Праги, Жилины, Кошице и финиширует на границе с Украиной.

9) **Средиземноморский коридор** (*Mediterranean*) соединяет Пиренейский полуостров с венгерско-украинской границей. Его маршрут пролегает вдоль средиземноморских берегов Испании и Франции, затем

пересекает Альпы на восток через Северную Италию, направляясь мимо территории Словении и Хорватии в направлении Венгрии. Большинство коридора состоит из автомобильных и железнодорожных путей, кроме реки По и других каналов в Северной Италии.

Указанные мультимодальные коридоры были выделены для облегчения и координации действий, направленных на эффективную работу транспортной системы ЕС. Развитие инфраструктуры вдоль этих коридоров будет способствовать завершению безграничного соединения элементов транспортной инфраструктуры ради эффективных, ориентированных на будущее и высокое качество транспортных услуг для граждан и хозяйствующих субъектов.

Кроме того, транспортная инфраструктура стран-участниц имеет два уровня – базовую и комплексную сети [5].

Базовая сеть (*core network*) – это стратегическая часть комплексной сети. Развитие инфраструктуры, которую включает базовая сеть, планируется завершить к 2030 году. Её мощности составляют:

- 50 762 км железной дороги;
- 34 401 км автодорог;
- 12 880 км внутренних водных путей;
- 83 морских порта.

Комплексная сеть (*comprehensive network*) – это мощная мультимодальная сеть с высокой плотностью, обеспечивающей транспортную доступность для всех европейских регионов (включая периферийные и отдалённые регионы) и поддерживает их дальнейшее экономическое, социальное и территориальное развитие, а также мобильность их граждан. Развитие инфраструктуры комплексной сети планируется завершить к 2050 году. Мощности комплексной сети:

- 138 072 км железной дороги;
- 136 706 км автодорог;
- 23 506 км внутренних водных путей

– 319 морских портов.

Планирование базовой и комплексной сетей базируется на ряде общих критериев и требований, а именно: безопасности от терроризма и экологической безопасности, навигационных услуг и грузооборота, пороговых значений объёма для терминалов или потребности в доступности. Эти требования к отраслям транспортной инфраструктуры прописаны в Регламенте ЕС 1315/2013 [6].

Планируется, что слаженная работа всех ключевых элементов базовой сети позволит свободно передвигаться в пределах ЕС потокам пассажиров и грузов, амбициозные планы также распространяются и на новые ассоциированные страны-члены ЕС, в том числе запланированное финансирование. Базовая сеть будет поддерживаться комплексной системой маршрутов, которые будут загружаться в базовую сеть на региональном и национальном уровнях. Главной конечной целью развития этой транспортной сети станет её доступность для людей и предприятий с определёнными временными рамками не более 30 минут, что в равной степени повысит конкурентоспособность всех стран-участников за счёт всесторонней доступности *TEN-T* [7].

1.3 Нормативно-правовое обеспечение транспортной политики ЕС

Транспортная политика ЕС пока регламентируется нормативно-правовыми актами, которые приведены в табл. 1.1.

Впервые намерения о развитии *TEN-T* были раскрыты в Маастрихтском договоре, подписанном в 1992 году и ратифицированном в 1993 году, где в статьях 170-172 были очерчены намерения о создании Трансьевропейской транспортной сети.

В Белой книге ЕС – Транспорт 2050 (главном долгосрочном стратегическом документе), который сформировал единую европейскую транспортную политику, определены основные приоритеты в отношении

таких аспектов: территориального согласования и экономического роста, согласованности системы финансирования, решение проблем с диспропорциями в ценообразовании и дальнейшего сочетание *TEN-T* с мировыми транспортными сетями.

Таблица 1.1 – Сводная таблица основных нормативно-правовых документов ЕС, регулирующих деятельность и развитие *TEN-T*

Действующий документ / название	Название документа ЕС	Действие	Суть
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Документы, регулирующие вопросы, общие для <i>TEN-T</i>			
Договор о функционировании Европейского Союза 07/02/1992	Договор о функционировании Европейского союза (Маастрихтский договор)	комплексное	Соглашение нацелено на развёртывание следующего этапа более тесного сближения стран ЕС, в том числе и за счёт приближения национальных транспортных сетей
Белая книга – транспорт 2050 от 2011 года	Белая книга ЕС – Транспорт 2050	комплексное	Документ стратегического характера, который отражает намерения и стремление ЕС относительно будущего транспортной политики
Директива Совета Европы 92/106/ЕС от 7 декабря 1992 года	Об установлении общих правил для определённых видов комбинированных перевозок товаров между государствами-членами	организационное	Устанавливает общие правила для отдельных типов транспортировки товаров между государствами-членами
Регламент ЕС №1315/2013 от 11 декабря 2013 года	О руководящих принципах ЕС для развития Трансевропейской транспортной сети	организационное	Устанавливает принципы развития Трансевропейской транспортной сети, включающей двухслойную структуру, и состоит из комплексной и базовой сетей
Документы, регулирующие отраслевые вопросы развития <i>TEN-T</i>			
Директива ЕС №2008/57 от 17 июня 2008	О функциональной совместимости железнодорожной системы в ЕС	железнодорожного транспорта	Устанавливает необходимые условия для проектирования, строительства, ввода в эксплуатацию и технического обслуживания Трансевропейской железнодорожной сети
Директива ЕС №2012/34 от 21 ноября 2012	О создании единой европейской железнодорожной зоны	железнодорожного транспорта	Устанавливает правила, которые применяются к управлению железнодорожной инфраструктурой; определяет принципы и процедуры установления и взимания сборов за пользование железнодорожной инфраструктурой
Директива ЕС №2008/96 от 19 ноября 2008	Об управлении безопасностью дорожной инфраструктуры	автомобильного транспорта	Устанавливает процедуры по оценке воздействия на безопасность автомобильного движения
Директива ЕС №2004/54 от 29 апреля 2004	О минимальных требованиях безопасности в туннелях Трансевропейской автодорожной сети	автомобильного транспорта	Очерчивает минимальный уровень безопасности для пользователей туннелей <i>TEN-T</i>

Окончание табл. 1.1.

1	2	3	4
Директива ЕС №2010/40 от 7 июля 2010	О структуре развёртывания интеллектуальных транспортных систем в сфере автомобильного транспорта и для взаимодействия с другими видами транспорта	автомобильного транспорта	Устанавливает основу для поддержки скоординированного и последовательного развёртывания и использования интеллектуальных транспортных систем
Директива ЕС №2000/59 от 27 ноября 2000	О приёмном оборудовании в портах судовых отходов и остатков груза	морского транспорта	Устанавливает требования к оборудованию, необходимого для предоставления экологических услуг судам в портах
Директива ЕС №2010/65 от 20 октября 2010	о представлении формальностей о состоянии судов, прибывающих и / или выходящих из портов государств-членов	морского транспорта	Устанавливает требования к административным процедурам, применяемым к морскому транспорту, с помощью электронной передачи информационного стандарта и рационализации формальностей отчётности
Регламент ЕС №300/2008 от 11 марта 2008	Об общих правилах в сфере безопасности гражданской авиации	морского транспорта	Устанавливает общие правила защиты гражданской авиации от актов незаконного вмешательства

Таким образом, законодательство, регулирующее современную транспортную политику ЕС по развитию транспортной инфраструктуры, является достаточно кратким и лаконичным.

1.4 Инфраструктурные требования к компонентам *TEN-T*

Основными субъектами, отвечающие за создание и поддержку *TEN-T* являются страны-члены ЕС. Со временем ключевые роли начинают играть другие участники – партнёры из частного сектора. Привлечение этих партнёров все больше актуализируется для реализации мультимодальных инфраструктурных проектов и связанных с этими проектами инвестиций, ведь именно благодаря инфраструктурным проектам реализуются планы *TEN-T*.

Определение проектов и принципы, по которым они реализуются, регулируются Регламентом ЕС №1315/2013 Европейского парламента и Совета от 11 декабря 2013 года «О руководящих принципах союза для развития Трансевропейской транспортной сети». Приоритет среди проектов предоставляется тем, в которых уделено внимание взаимодействию с другими политиками и отраслями (например, с развитием туризма, велосипедной

инфраструктуры), а также проектам, которые способствуют развитию *TEN-T* путём создания новой транспортной инфраструктуры и модернизации уже существующей.

Требования к *TEN-T* выдвигаются прежде всего странам-членам ЕС, однако на эти стандарты следует ориентироваться Украине в процессе модернизации транспортной инфраструктуры для интеграции в инфраструктуру *TEN-T*.

1.4.1. Требования к инфраструктуре комплексной сети.

Инфраструктура железных дорог:

1) грузовые терминалы должны быть соединены с дорожной инфраструктурой или, где это возможно, с инфраструктурой внутренних водных путей *TEN-T*;

2) должна учитывать положения Директивы ЕС № 2008/57, которая устанавливает необходимые условия для проектирования, строительства, ввода в эксплуатацию, модернизации, обновления, эксплуатации и технического обслуживания частей Трансъевропейской железнодорожной сети, а также устанавливает условия безопасности труда на железной дороге;

3) должна учитывать положения Директивы ЕС №2012/34, которая устанавливает правила, применяемые к управлению железнодорожной инфраструктурой, транспортом и предприятиями; определяет критерии выдачи, обновления или изменения лицензий государством-членом, предназначенных для железнодорожных предприятий; определяет принципы и процедуры установления и взимания сборов за пользование железнодорожной инфраструктурой и распределения пропускной способности железнодорожной инфраструктуры;

4) в случае изолированных сетей необходимое оснащение системой ERTMS [8], которая нацелена на замену различных национальных систем управления поездами и вагонами системами управления в Европе.

Дорожно-транспортная инфраструктура:

1) государства-члены, согласно Директиве ЕС № 1315/2013, должны обеспечить высокое качество дорог. Такие дороги должны быть специально спроектированы и построены для движения автотранспорта;

2) государства-члены должны обеспечить безопасность на дорогах, контролировать её и совершенствовать в соответствии с положениями, прописанными в Директиве ЕС № 2008/96, которая устанавливает процедуры по оценке воздействия на безопасность движения;

3) дорожные тоннели длиной более 500 м должны соответствовать положениям Директивы ЕС № 2004/54, которая определяет минимальный уровень безопасности для пользователей туннелей *TEN-T* путём предупреждения критических событий, угрожающим жизни человека, окружающей среде, а также содержит положения, которые обеспечат защиту на случай аварии;

4) интеллектуальные транспортные системы должны отвечать требованиям Директивы ЕС № 2010/40, которая устанавливает основу для поддержки скоординированного и последовательного развёртывания и использования интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Инфраструктура морских портов:

1) морские порты должны быть связаны с железными дорогами и автодорогами, а также, где это возможно, с внутренними водными путями *TEN-T*, кроме случаев, когда физические ограничения не позволяют такое соединение;

2) любой морской порт должен быть оборудован одним грузовым терминалом, открытым для всех операторов на недискриминационной основе с прозрачной процедурой взывания портовых сборов;

3) морские каналы, портовые фарватеры и лиманы, соединяющих два моря, или обеспечивающие доступ от морской акватории непосредственно к морским портам, должны соответствовать по крайней мере четвёртому классу водного пути;

4) морские порты государства-члена должны иметь оборудование, необходимое для оказания экологических услуг судам в портах, в частности обеспечить наличие приёмных сооружений для судовых отходов и остатков груза в соответствии с Директивой ЕС №2000/59, которая регулирует такую деятельность;

5) морские порты государства-члена должны быть оснащены системами *VTMIS* и *SafeSeaNet*, а также предоставлять *E-Maritime* услуги, в том числе обеспечить деятельность услуг единого морского окна, как это предусмотрено в Директиве ЕС № 2010/65, которая имеет целью упрощения и согласования административных процедур, применяемых к морскому транспорту, посредством электронной передачи информационного стандарта и рационализации формальностей отчётности.

Инфраструктура для мультимодальных перевозок:

1) государство-член должно обеспечить на справедливой и недискриминационной основе, без ущерба для законодательства ЕС и страны-члена:

– наличие грузовых терминалов, пассажирских станций, внутренних водных портов, аэропортов и морских портов, с целью обеспечения мультимодальных перевозок пассажиров и грузов;

– грузовые терминалы и логистические платформы, внутренние водные и морские порты, а также аэропорты по обработке грузов, которые должны быть оборудованы таким образом, чтобы оказывать информационные услуги в рамках этой инфраструктуры, а также между различными видами транспорта по логистических цепях;

– постоянный пассажиропоток за счёт комплексной сети с соответствующим оборудованием и наличие телематических приложений на железнодорожных вокзалах, автобусных станциях, в аэропортах и в морских и внутренних портах;

2) грузовые терминалы должны быть оборудованы кранами, конвейерами и другими устройствами для перемещения грузов между различными видами транспорта, а также для размещения и хранения груза.

1.4.2. Требования к инфраструктуре базовой сети

1. Наличие и использование инновационных технологий, телематических приложений, управленческих и регулирующих мер по управлению инфраструктурой, чтобы обеспечить эффективное использование ресурсов транспортной инфраструктуры для пассажирских и грузовых перевозок.

2. Соответствие базовой инфраструктуры требованиям к комплексной инфраструктуре, которая дополняется требованиями к отраслям, приведенным ниже.

По инфраструктуре железных дорог:

– полная электрификация путей и, по мере необходимости, подъездных путей для электропоездов;

– грузовые пути базовой сети должны иметь следующие характеристики: нагрузка на ось – более 22,5 т, линейная скорость 100 км/ч, возможность запуска поездов с длиной 740 м;

– полное внедрение *ERTMS*;

– номинальная ширина путей для новых железных дорог должна быть 1435 мм, за исключением случаев, когда новая линия является продолжением уже существующего пути которая отличная и отделена от основных железнодорожных линий в ЕС.

По инфраструктуре внутренних водных путей:

– развитие инфраструктуры для обеспечения альтернативными экологически чистыми видами топлива.

По дорожно-транспортной инфраструктуре:

– наличие зон отдыха на автомагистралях примерно каждые 100 км – в соответствии с потребностями общества, рынка и окружающей среды, в частности, для того, чтобы обеспечить соответствующее место для парковки

коммерческим пользователям дорог с соответствующим уровнем безопасности;

– развитие инфраструктуры для обеспечения альтернативными экологически чистыми видами топлива.

1.5 Анализ проблем включения транспортной инфраструктуры Украины в *TEN-T*

Несмотря на включение Украины в Трансьевропейскую опорную транспортную сеть [9], где она стала важным участником развития стратегического транспортного коридора в сообщении Европа-Азия, перед государством стоит много проблем, основными из которых являются:

– необоснованные задержки проверяющих органов на границах Украины, а также недостаточная пропускная способность пунктов пересечения границ;

– низкий уровень компьютеризации и автоматизации грузовых работ;

– неудовлетворительное качество транспортной и складской инфраструктуры;

– износ транспортной инфраструктуры, в том числе подвижного состава для грузовых перевозок;

– значительная коррупционная составляющая;

– низкие темпы модернизации отраслей транспорта [10];

– отсутствие стратегических документов развития и реализации транзитного потенциала Украины. Действие двух программ («Комплексной программы утверждения Украины как транзитного государства на 2002-2010 гг.» и «Государственной программы развития национальной сети международных транспортных коридоров в Украине на 2006-2010 гг.») закончилось ещё в 2010 году. По результатам аудита Счётной палаты 65,9% мероприятий «Государственной программы развития национальной сети международных транспортных коридоров в Украине на 2006-2010 годы» вообще не было выполнено, то есть, по сути, программа была провалена [11];

– потеря Украиной имиджа надёжного транзитёра из-за военных действий на востоке страны, что, к значительному разрушению транспортной инфраструктуры Донецкой и Луганской областей.

Также необходимо отметить и некоторые отраслевые проблемы, возникающие при транспортировке транзитных грузов по территории Украины:

Для железнодорожного транспорта это:

- 1) наличие «узких» мест в инфраструктуре транзитных перевозок железнодорожным транспортом, в частности эксплуатационная несовместимость европейских и украинских путей (1435 мм и 1520 мм соответственно), что приводит к задержке поездов на границе из-за смены колёсных пар при переходе с одной ширины колеи на другую;
- 2) отсутствие высокоскоростной железнодорожной сети;
- 3) совместное использование железнодорожной сети для грузовых и пассажирских перевозок, что не соответствует европейским стандартам и практике;
- 4) отсутствие гибкой тарифной политики транзитных перевозок.

Для автомобильного транспорта это:

- 1) отсутствие строительства новых автомобильных дорог;
- 2) недостаточное количество подвижного состава для международных перевозок грузов, которые отвечают требованиям европейских технических и экологических стандартов;
- 3) неразвитость дорожной инфраструктуры, незначительное количество пунктов автомобильного сервиса, транспортных стоянок под охраной, пунктов связи, кафе, гостиниц, кемпингов и т.д.;
- 4) прохождения почти всех автомобильных дорог Украины через населённые пункты, что не соответствует международным требованиям. Одним из основных требований ЕС в развитии *TEN-T* коридоров является строительство кольцевых дорог вокруг городов.

Для водного транспорта это:

1) падение перевозок грузов и товаров речным транспортом несмотря на то, что сегодня министерство инфраструктуры в рамках программы Восточного партнёрства активно отработывает направление включения в *TEN-T* внутренних водных путей [12]. Например, в ЕС наращиваются объёмы перевозок именно речным транспортом благодаря его экологичности и низкой стоимости;

2) недостаточное обеспечение терминалов современной перегрузочной техникой;

3) отсутствие необходимого количества сортировочных участков для размещения судовых партий контейнеров, прибывающих в порт или отправляемых из него;

4) отсутствие должного взаимодействия со смежными видами транспорта (железнодорожным, автомобильным, речным);

5) уменьшение количества портов с 18 до 13 портов из-за аннексии Крыма.

Наряду с указанными проблемами Украина имеет ряд преимуществ, которыми необходимо воспользоваться как можно быстрее.

Во-первых, два с девяти мультимодальных коридоров заканчиваются на границе с территорией Украины. Это Рейн-Дунайский мультимодальный коридор, финиширует на украинско-словацкой границе и Средиземноморский мультимодальный коридор, который начинается на украинско-венгерской границе (рис. 1.2).

Во-вторых, Украина подпадает под Европейскую политику добрососедства (*ENP*) [13], в рамках сотрудничества в области воздушного транспорта, которое направлено на подписание Соглашения об общем воздушном пространстве Украина-ЕС. В то же время этот пакет поддержки Украины (*Support package for Ukraine*) [14] не предусматривает финансовую помощь развитию транспортной инфраструктуры из соответствующих фондов.

В-третьих, для Украины, как страны-соседа ЕС, с момента подписания Соглашения об ассоциации с ЕС, уже открылись возможности для финансирования развития транспортной инфраструктуры в рамках развития *TEN-T* (хотя и не в полной мере), что позволит Украине ускорить процессы модернизации транспортной инфраструктуры для скорейшей её интеграции в транспортную инфраструктуру ЕС.



Рис. 1.2 – Выход мультимодальных коридоров *TEN-T* на границу Украины

Одна из таких форм финансирования проектов является *Horizon 2020* (Горизонт 2020), которая уже известна в Украине и стала полностью открытой для участия украинских представителей с момента подписания Соглашения об ассоциации с ЕС [15]. В области транспорта бюджет *Horizon 2020* в период 2014-2020 гг. составляет 6,3 млн. евро. Другими формами сотрудничества и финансовой поддержки для Украины, как страны-соседа, могут быть как вновь финансовые инструменты, так и уже существующие, в частности, Инвестиционный фонд соседства (*NIF*) [13] – фондовый инструмент, предназначенный мобилизовать финансирование капиталоемких инфраструктурных проектов в странах-партнёрах, охваченных европейской политикой соседства (*ENP*).

В-четвертых, необходимо дополнить Транспортную Стратегию Украины на период до 2030 года положениями относительно интеграции транспортной сети Украины в *TEN-T*.

2 АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ ПОДСИСТЕМ ОБРАБОТКИ ВАГОНОВ НАЗНАЧЕНИЕМ В МОРСКИЕ ПОРТЫ

2.1 Этапы развития, состояние и прогрессивные тенденции взаимодействия морского и железнодорожного транспорта

Структура и объёмы перевалки грузов в морских портах во многом определяется тенденциями развития экономики страны. Анализ тенденций развития украинских морских портов, которые также зависят от состояния и национальных внешнеэкономических направлений развития государства, говорит о том, что в разные периоды техническое устройство и характер работы морских портов были ориентированы по-разному.

Сложное развитие всей мировой транспортной системы характеризуется общей тенденцией ускорения транспортного процесса, противоречит динамике снижения скоростей на всех видах транспорта с целью уменьшения энергозатрат. Увеличивается несоответствие между количеством подвижного состава, поступающего и уровнем стационарных технических устройств на железнодорожных станциях. Возникают диспропорции между портами стран-отправителей и портами стран-получателей, усиление тенденции обслуживания без использования портовых устройств, организации бесперегрузочных систем [16].

Зарубежные порты имеют примерно равные входные и выходные потоки грузов, что требует установки на их грузовых фронтах универсального перегрузочного оборудования для обеспечения равной производительности работ в обоих направлениях перевалки (суша – море и наоборот), согласованной технологии подвода вагонов для обеспечения стабильной и эффективной работы единых транспортных комплексов по обслуживанию международных грузопотоков.

Различия в инфраструктуре и подвижном составе стран Европы и Азии создают значительные проблемы в развитии единой железнодорожной сети,

вызывают большие задержки поездов на границах, снижая скорость доставки и тем самым ослабляя позиции железной дороги на рынке транспортных услуг.

Одной из важнейших характеристик морских портов является развитость сети коммуникаций видов транспорта, взаимодействующих с ними, поскольку эти коммуникации обеспечивают ритмичность работы порта и возможность увеличения грузооборота.

Железнодорожная сеть, которая обслуживает датский порт Гамбург, второй в Европе по объёмам перевалки грузов после Роттердама, на регулярной основе стала принимать грузовые поезда увеличенной длины с сортировочной станции Машин к припортовой станции Падборг. При этом были рассмотрены аспекты, связанные как с организацией движения, так и с обеспечением его безопасности. Это, прежде всего, вопросы, касающиеся систем переездной автоматики, расстояний между сигналами и др. Согласно прогнозируемых объёмов перегрузки строятся стационарные устройства, оборудованные электронными системами управления, расширяются другие объекты инфраструктуры.

Также к бельгийскому терминалу Альтенвердер примыкает путевой треугольник, который связывает между собой перегрузочную станцию, группу путей отстоя и сеть железнодорожных линий. В группе путей отстоя имеется вытяжной путь, позволяющий выполнять сортировочные и маневровые работы без сортировочной горки. Станция для перегрузки контейнеров рассчитана как для перевалки контейнеров по схеме «судно – терминал – железная дорога», так и для системы смешанных перевозок «железная дорога – автомобильный транспорт». Новая железнодорожная ветка соединяет терминал Альтенвердер с портовой станции Альте-Зюдерельбе, которая обладает современным сортировочным оборудованием и формирует маршрутные поезда. Только 30-40 % всех грузовых вагонов сортируется в порту с помощью сортировочной горки. Все эти вагоны не входят в состав маршрутных поездов. Другие маневровые работы (накопление, подготовка пустых вагонов и др.) по аналогии с парком отстоя

терминала Альтенвердер на прилегающих станциях Вальтерсхоф и Мюленвердер, которые модернизированы для этого соответствующим образом. Для расширения станции Альте-Зюдерельбе её сортировочные пути, с которых согласно новой концепции отправляются грузовые поезда на прилегающие к порту районы, удлинены.

Три крупнейших портовых комплекса США – Лос-Анджелес – Лонг-Бич, Оклэнд и Сиэтл – Такома постоянно занимаются наращиванием перерабатывающей способности, но их работа зависит от организации вывоза грузов, то есть от степени развития инфраструктуры железных дорог. Крупные железнодорожные компании инвестируют значительные средства для укладки вторых и третьих главных путей в основных коридорах направлении Восток – Запад. Также применяется практика перевозки контейнеров в вагонах в два яруса, что позволяет ускорить процесс вывоза грузов из порта. Запущены в эксплуатацию законсервированные железнодорожные линии с целью освобождения пропускной способности главных магистралей государственного значения.

Портовый терминал Норфолк является крупнейшим в Северной Америке и имеет мощность 60 млн. т в год. Его отличием является то, что значительная часть грузов перегружается прямо с железнодорожных вагонов на морские суда. Поэтому сам терминал работает в режиме сортировочной станции.

В Англии и Южной Африке применяется практика государственного управления морскими портами на побережье, а также мощностями железнодорожных магистралей, включённых в ведомство портов.

Второй по объёму перевалки грузов в Европе морской порт Антверпен имеет прямой доступ к железнодорожным, авиационным и автодорожным сетям Бельгии. Все терминалы в порту Антверпен подключены к сети железных дорог. Формируются и отправляются поезда в 70 городов в 19 странах мира благодаря развитию железнодорожных перевозок на средние и дальние расстояния челночными поездами. В порту расположен

железнодорожный узел для трёх основных железнодорожных коридоров в Европе: коридор №1 (Рейн – Альпы), коридор №2 (Северное море – Средиземноморье), Коридор №8 (Северное море – Балтийское море). Для обслуживания многочисленных транспортных потоков в порту Антверпен разработана современная железнодорожная инфраструктура. Полностью автоматизированная центральная сортировочная станция Антверпен-Север, которая занимает площадь около 500 га, является крупнейшей в Европе. В порту также есть несколько железнодорожных контейнерных терминалов для обработки растущего объёма контейнерных перевозок. Железнодорожная инфраструктура постоянно модернизируется, что привело к увеличению её пропускной способности вдвое. Современная инфраструктура порта позволяет расширить его функционал и создать железнодорожный контейнерный хаб для формирования экспортных контейнерных поездов.

Терминалы канадского порта Ванкувер наращивают объёмы перевалки грузов за счёт реализации программы по организации движения грузовых поездов формирования припортовыми станциями длиной до 3050 м.

В крупнейшем порту Турции Стамбуле расположены основные грузовые и пассажирские причалы, а железнодорожная станция расположена на территории порта, обеспечивает перевалку морских грузов с судов непосредственно на железнодорожный транспорт.

Для улучшения взаимодействия в работе российского морского порта Усть-Луга и припортовой станции Лужский был создан локальный логистический центр, который позволил минимизировать объёмы маневровой работы и уменьшить простои вагонов на железнодорожной станции и терминалах порта. При этом операции надвига и роспуска вагонов на сортировочной горке осуществляются в автоматическом режиме.

В большинстве зарубежных портов развитых стран основную долю выгружаемых грузов составляет сырьё, а отправляемых грузов – продукция промышленного производства. Из анализа работы зарубежных портов можно сделать вывод о том, что железнодорожный транспорт на них используется

для доставки и вывоза массовых, в первую очередь, навалочных грузов. Кроме того, осуществляются перевозки продукции машиностроения и грузов, транспортируемых по интермодальные технологии, в том числе контейнеров.

В условиях планового хозяйства существования СССР в структуре грузопотоков 80-х годов в результате значительного роста внешнеторгового грузооборота образовалась несоответствие между существующей пропускной мощностью портов и технических мощностей припортовых станций, которые при строительстве были ориентированы на внутригосударственное направление развития транспорта. Из-за недостатка портовых мощностей в период массового поступления грузов, особенно при перевалке импортного зерна и других продовольственных товаров, на рейдах морских портов в ожидании выгрузки простаивали транспортные суда, что приводило к обесцениванию материальных товаров, задержки доставки грузов потребителям.

В связи с перестройкой 90-х годов технико-эксплуатационные показатели работы железных дорог значительно сократились в пользу автомобильного транспорта. В данное время по объёму грузовых перевозок железнодорожным транспортом Украины почти вдвое превышает суммарные объёмы перевозок 12 стран Европейского сообщества.

Но несмотря на существенную нехватку портовых мощностей в период с 1980 по 1990 годов, наблюдался рост грузооборота морских портов СССР, а к концу 90-х годов XX века морские порты и припортовые станции имели достаточную пропускную способность и полностью удовлетворяли потребности страны в перегрузке внешнеторговых и каботажных грузов. Распад СССР привёл к резкому спаду объёма производства, ухудшению экономических связей и грузопотоков, значительному снижению обеспечения транспортными услугами внутренних потребностей и внешней торговли.

На рост перевозок грузов в Чёрном и Азовском морях значительное влияние оказало строительство в период 1960-1990 годов подъездных железнодорожных путей к стратегически важным морским портам Одессы,

Николаева, Херсона и Мариуполя, что способствовало расширению зоны их влияния далеко за пределы Украины. При этом структура грузооборота портов Чёрного и Азовского морей по видам плавания были подобные, а около 60 % грузооборота портов составляли экспортно-импортные грузы. В структуре экспорта преобладали нефть, железная и марганцевая руды, зерновые, а импорта – металлы, чёрная металлургия и другие продукты обрабатывающей промышленности.

В последние десятилетия объём железнодорожных перевозок в Украине значительно уменьшился за счёт того, что с сокращением объёмов промышленного производства возникло изменение товарной структуры грузопотоков. В результате грузооборот железных дорог, который в 1990 году составлял 474 млрд. т-км, снизился в 2000 году до 173 млрд. т-км, но, начиная с 1999 года, наблюдается тенденция к его увеличению.

Активное развитие морских портов с 1991 года по 2001 год привело к решению задач по преодолению кризисного состояния отечественного портового хозяйства, вызванного разделом морского транспорта между бывшими союзными республиками. С распадом СССР в Украине действовал технически оснащённый порт Южный, морская железнодорожная паромная переправа Ильичевск-Варна. В силу указанных причин в начале 1990-х годов XX века больше половины зарубежных внешнеторговых грузов переваливались в портах Украины. Однако производственная мощность портов и технические возможности припортовых железнодорожных станций были недостаточными для перевалки быстро растущих объёмов грузов, особенно нарастающих экспортных. С 1998 года начался рост объёмов перевалки в портах каботажных грузов.

В 2002-2010 годах возросло обеспечения потребностей экономики и внешней торговли в перевалке экспортно-импортных, транзитных и каботажных грузов на высоком техническом, технологическом и организационном уровнях в тесном взаимодействии со смежными видами транспорта и грузовладельцами.

Прирост количественных показателей является результатом развития портов за счёт строительства новых и реконструкции действующих мощностей, а также активизации стивидорной деятельности. На сегодняшний день около 10 % грузов, перерабатываемых в отечественных портах – наливные, около 25 % составляют тарно-штучные грузы и 65% – сыпучие сухогруза [17].

Согласно международным портовым справочником *Port Guide Fairplay*, в мире сегодня насчитывается более 16600 морских портов и терминалов. С учётом объёма украинских грузов, следующих транзитом через порты сопредельных государств, доля украинских портов в мировом грузообороте находится в одном ряду с такими европейскими и скандинавскими странами, как Германия, Швеция, Бельгия, Норвегия, а также странами, имеющими выходы к стратегически важным морским путям, как Мексика, Саудовская Аравия, Турция, Греция.

По результатам последних лет Одесский, Черноморский и Николаевский порты, которые расширили свои экспортные возможности, существенно нарастили перевалку зерновых за счёт интенсификации перегрузочных процессов и увеличения объёмов складского хранения зерна.

Таким образом, приведение существующей инфраструктуры морских портов и прилегающих железнодорожных станций к национальным и международным стандартам необходимо с учётом эффективного осуществления железнодорожных перевозок, в том числе в международных сообщениях с выходами к морским портам и пунктам пропуска через границы.

2.2 Анализ конструктивно-технологических параметров объектов транспортных подсистем обработки вагонов назначением в морские порты

С целью создания условий для функционирования общего транспортного пространства и выработки скоординированной политики в транспортной среде в течение последнего десятилетия законодательством

Украины был создан и введён ряд стратегических документов, определяющих направления развития железнодорожного транспорта с учётом особенностей отрасли, его роли в процессах внешнеэкономических преобразований и защиты экономических интересов страны.

В частности, Национальная транспортная стратегия Украины на период до 2030 года [18] является основным документом развития транспорта и определяет выполнение из общего числа таких задач, как

- развитие мультимодальных транспортных технологий и инфраструктурных комплексов под различные виды транспорта;
- обеспечение единой технологической совместимости на основных направлениях перевозок и стыках между видами транспорта;
- частичную переориентацию грузовых перевозок на железнодорожном транспорте.

Стратегией АО «Украинская железная дорога» на 2019-2023 годы [19] предусмотрена реализация стратегических инициатив, среди которых установление обоснованных тарифов, разделение перевозчиков с обеспечением равных условий доступа, рационализация активов и нахождения механизмов для использования неэффективной с экономической точки зрения инфраструктуры за счёт улучшения позиций в секторе управления вагонами и развития интермодальных перевозок.

Основные направления развития и структурных реформ Украины в рамках новой транспортной политике определены в базовых документах стратегического планирования по развитию национальной экономики в сфере деятельности транспорта Украины, а также в государственных программных документах, согласно которым планируется уменьшить степень износа и обеспечить обновление технических средств транспорта до 50 %.

По данным АО «Украинская железная дорога», по состоянию на 2019 год износ основных фондов железнодорожного транспорта достиг критической точки по многим пунктам технического обеспечения (рис.). Рабочий парк магистральных электровозов составляет 66 % от инвентарного,

магистральных тепловозов – 42 %, маневровых тепловозов – 62 %, грузовых вагонов – 64 %. Магистральные пути с просроченным капитальным ремонтом (с учётом реконструкции) насчитывают 27 % от их общей протяжённости.

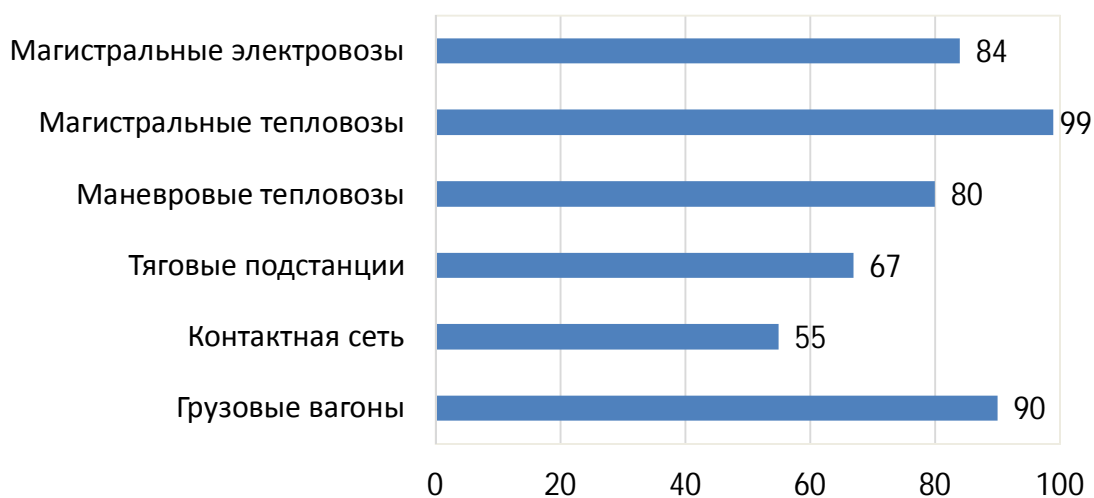


Рис. 2.1 – Износ технических средств железнодорожного транспорта, в процентах

В условиях обострения ситуации на транспорте в результате экономического кризиса украинский транспортный рынок переживает длительный спад объёмов перевозок, требует решения вопрос изношенности материально-технической базы. Неудовлетворительный подход к вопросам технических и технологических инноваций и модернизации приводит к неудовлетворительному использованию потенциальных возможностей транспорта по развитию международных перевозок.

В плане развития интермодальных перевозок наибольшего внимания согласно [20, 21] требуют вопросы эффективного взаимодействия морского и железнодорожного транспорта как наиболее проблемных и наиболее перспективных аспектов развития интермодальности в Европейском Союзе и со странами Азиатского направления. Привлечение транзитного евразийского потока обеспечивает максимальную выгоду от экспорта и импорта транспортных услуг.

Сказанное выше обуславливает необходимость поиска эффективных технологий использования технических мощностей, функционирования и взаимодействия объектов железнодорожной инфраструктуры и других видов

транспорта по обслуживанию стратегически значимых грузопотоков с целью привлечения новых и увеличения объёмов грузоперевозок существующих клиентов железнодорожного транспорта.

Припортовые станции осуществляют приём и отправление передаточных поездов, сортировки вагонов по основным грузовым направлениям и отдельным грузовым фронтам, накопления и формирования передаточных поездов на опорную сортировочную станцию. Как правило, припортовые станции располагаются в непосредственной близости к морским портам для удобства их обслуживания, а на их расположение относительно сортировочных станций влияют различные факторы: структура узла, его роль в регионе, экономико-транспортные характеристики, характер промышленного производства, величина и структура вагонопотоков и др. В большинстве крупных узлов на припортовых грузовых станциях проводится 30-45 % местной работы, состоящей из переработки экспортных и импортных вагонопотоков, следующих через морские порты. Поэтому грузовые станции, обслуживающие морские порты, сегодня во многом определяют работу по транспортному обслуживанию промышленности в экспортно-импортном отношении.

Назначение припортовых станций на железных дорогах Украины отражают следующие эксплуатационные схемы их работы в направлении перевалки «железная дорога – морской порт»:

- а) предназначенные для порта гружёные и порожние вагоны железная дорога передаёт на припортовую станцию в несортированном расположении в составе поезда;
- б) припортовая станция сортирует вагоны по отдельным портовым районам или причалам;
- в) припортовая станция подбирает вагоны по местам стоянки судов, а при необходимости – по отдельным местам погрузки;
- г) вагоны подаются по сравнению с их предыдущей расстановкой готовыми к выгрузке и убираются после выгрузки.

Направление перевалки «морской порт – железная дорога» предполагает выполнение следующих схем:

а) подача готовых к погрузке порожних вагонов и их уборка после погрузки;

б) сортировка вагонов по назначениям на железнодорожной сети, перестановки в пределах припортовой станции (относится к частично погруженным и частично выгруженным вагонам);

в) накопления вагонов для передачи на железную дорогу, приём вагонов железной дорогой с последующим формированием поездов на сортировочной станции.

Кроме того, в обоих направлениях идут составы с вагонами с однородными грузами (зерно, металлоизделия, руда, уголь, нефть и т.д.) По одним и тем же путям в пункт перевалки в порту и обратно при массовой погрузке-выгрузке грузов.

Техническое оснащение и технология работы существующих припортовых станций соответствуют определяющим факторам и нормам, заложенным ещё в методиках прошлого века, поэтому имеют существенное влияние на эффективность работы припортовых станций в современных условиях. Так, в зависимости от объёмов работы закладывалось, что припортовые станции относили к промежуточным или грузовым и сооружали их при четырёх и более причалах порта при расстоянии между портом и припортовой станцией 13 км и более [22]. Но с появлением и развитием международных торговых отношений характер и объёмы работы станций значительно изменились, рыночные условия экономических отношений страны наложили требования и к технологии, и к техническому оснащению припортовых станций как важных объектов железнодорожной инфраструктуры. Появились несоответствия в оснащении станций современным объёмам переработки вагонов, в том числе следующие:

– полезная длина и количество сортировочных путей на припортовых станциях формировалась с использованием рекомендаций, разработанных для

сортировочных и грузовых станций. Современные условия работы припортовых станций и характер их взаимодействия с портами отличается рядом особенностей, влияющих на количество сортировочных путей на этих станциях. К ним следует отнести размеры и структуру вагонопотоков, технологию обслуживания грузовых фронтов в порту;

– существующие методы определения числа сортировочных путей на портовых станциях не предусматривают учёта технологии маневрового обслуживания и, в частности, порядок выбора грузовых фронтов для их обслуживания;

– сортировочные пути в ряде припортовых станций отсутствуют или отсутствует их специализация по назначению подач;

– слабо исследованы такие факторы, влияющие на путевое развитие припортовых станций, как характер вагонопотоков, поступающих в адрес портов, неравномерность поступления вагонов в адрес грузовых районов и фронтов порта, технология обслуживания погрузочно-разгрузочных фронтов и продолжительность обработки подач;

– технологически было заложено, что работа по формированию подач вагонов в адрес грузовых фронтов порта должна выполняться на территории порта, но фактически технология взаимодействия станции и порта предусматривает выполнение этой работы на путях станции.

Кроме того, неравномерное поступление грузов в адрес припортовых станций, невыполнение технологических норм грузовых работ в связи с неустойчивой работой перевалочных механизмов, несвоевременным подходом судов, отсутствием свободных складских площадей, неблагоприятными погодными условиями в портах приводят к увеличению числа составов, которые простаивают на путях припортовых станций.

Входной вагонопоток на припортовых станциях характеризуется достаточно высокой степенью раздробленности. На отдельные станции нередко поступают передаточные поезда с вагонами назначением на более 20 грузовых фронтов, а на некоторых припортовых станциях количество

работающих мест общего и необщего пользования составляет нескольких десятков. Поэтому на основных сортировочных станциях узлов, формирующих поездопотоки на другие направления, невозможно полностью обеспечить детальный подбор вагонов, хотя уровень их загрузки в последние годы несколько снизился. К тому же, в Украине припортовые станции строились и переоснащались в первую очередь для переработки импорта, который несколько десятилетий назад преобладал над экспортом.

С развитием торговых отношений и расширением номенклатуры грузов направление работы портов изменился на экспортно-импортный. Особенно резко это сказалось на специализации крупных морских портов – Черноморский, Одесский, Южный и Николаевский. На железной дороге резко увеличились объёмы сортировочной и маневровой работы по сбору и расстановки вагонов на многочисленных фронтах. Перерабатывающая способность припортовых станций и пропускная способность районных парков у портов значительно ниже перерабатывающей способности самих портов и не соответствует объёмам грузопотоков, следующих через припортовые станции. Такая диспропорция продолжает увеличиваться с каждым годом и приводит к ухудшению показателей использования подвижного состава и увеличения себестоимости железнодорожных перевозок.

Современный морской порт – это крупный транспортный объект, состоящий из сооружений и устройств, предназначенных для обеспечения стоянки и подготовки судов, перевалки грузов с морского на другие виды транспорта и обратно, подготовки и комплектации грузовых потоков, их хранения, обслуживания пассажиров. Размеры станций и парков, которые обслуживают грузовые фронты порта, зависят от различных факторов: объёма и характера работы припортового узла, размеров и характера размещения портовых устройств, степени ограниченности территории порта и припортовых станций, топографических условий. Украина обладает мощным

портовым потенциалом среди всех стран Чёрного моря. На побережье Чёрного и Азовского морей находится 13 морских торговых портов и 12 порт-пунктов.

В табл. 2.1 приведена характеристика морских торговых портов Украины и обозначено наличие или отсутствие сортировочных путей на железнодорожных станциях, которые их обслуживают, для выполнения маневровой работы по сбору и расстановке вагонов на грузовые фронты портов.

Таблица 2.1 – Характеристика морских портов и припортовых

№	Название порта	Специализация по направлениям и грузам	Припортовая железнодорожная станция, обслуживающая порт	Наличие сортировочного парка или сортировочных путей на станции
1	2	3	4	5
1	Белгород-Днестровский МТП	экспортные, лесные, каботажные, зерновые, минерально-строительные материалы, генеральные	грузовая станция Белгород-Днестровский	–
2	Бердянский МТП	экспортные, каботажные, навалочные, насыпные, генеральные, наливные, контейнеры	грузовая станция Бердянск	–
3	Измаильский МТП	экспортные, транзитные, навалочные, насыпные, тарно-штучные, контейнерные	грузовая станция Измаил-Порт	+
4	Мариупольский МТП	экспортные, импортные, навалочные, насыпные, генеральные, негабаритные, контейнеры, нефтеналивные	грузовая станция Мариуполь-Порт	+
5	Николаевский МТП	экспортные, импортные, транзитные, каботажные генеральные, навалочные, наливные, зерновые	грузовая станция Николаев грузовой	+

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4	5
6	Одесский МТП	экспортные, импортные, транзитные, каботажные, генеральные, металлы, нефтепродукты, контейнеры, навалочные, зерновые	грузовая станция Одесса-порт	–
7	СМТП Ольвия	экспортные генеральные, тарно-штучные	грузовая станция Октябрьская	–
8	МТП Рени	транзитные генеральные, навалочные, наливные, насыпные, тяжеловесные, негабаритные, контейнеры	грузовая станция Рени-Порт	–
9	Скадовский МТП	каботажные, транзитные навалочные, генеральные, зерновые	-	–
10	Усть-Дунайский МТП	транзитные, экспортно-импортные, каботажные навалочные, насыпные	-	–
11	Херсонский МТП	транзитные, экспортно-импортные, каботажные навалочные, генеральные, зерновые, контейнерные	грузовая станция Херсон-Порт	–
12	Черноморский МТП	экспортные, импортные, транзитные, каботажные навалочные, генеральные, зерновые, контейнерные	грузовая станция Черноморск-Порт	+
13	МТП Южный	транзитные, экспортно-импортные, каботажные генеральные, навалочные, наливные, насыпные, тяжеловесные, негабаритные, контейнеры	грузовые станции Береговая, Черноморская и Химическая	+

Обслуживание десяти крупнейших по объемам переработки морских портов Украины происходит припортовыми станциями, 6 из которых не имеют горочного сортировочного устройства и сортировочного парка или

отдельных путей для сортировки. Сортировочную работу выполняют наиболее трудоёмким и непродуктивным способом – осаждением вагонов. На некоторых станциях нет отдельных специализированных вытяжных путей (Бердянск, Одесса-Порт, Белгород-Днестровский), и сортировку вагонов выполняют на участках подъездных путей, главных и приёмоотправочных путях. Для припортовых станций со специализированными парками (Измаил, Черноморск-Порт Мариуполь-Порт) характерно наличие более развитых сортировочных устройств. Отдельные вытяжные пути есть практически на всех станциях данной группы, половина из них оснащена горками малой мощности, где станции имеют вытяжные пути специального профиля. Вместе с тем все припортовые станции имеют характерный недостаток, который заключается в ограниченной длине вытяжных путей. В большинстве случаев требуется предварительное распределение составов передаточных поездов на части перед выполнением расформирования.

Таким образом, современное состояние и характер работы припортовых станций требует пересмотра многих технико-технологических аспектов функционирования и приведения их в соответствие условиям, сложившимся за годы перехода транспортной отрасли Украины к рыночной экономике. Одним из главных направлений по повышению эффективности обслуживания вагонопотоков назначением в морские порты является совершенствование технологии работы припортовых железнодорожных узлов.

2.3 Анализ показателей работы припортовых станций на сети железных дорог

Совершенствование взаимодействия в работе станций и портов направлено на улучшение такого важного показателя эффективности работы железнодорожных предприятий, как уменьшение величины простоя вагонов. Простой местных вагонов с учётом сдвоенных операций особенно велики на станциях, обслуживающих морские порты [23, 24], большая часть которых

приходится на простой с момента прибытия вагонов на станцию до подачи их к фронтам выгрузки и до отправления со станции после завершения грузовых операций. Эта величина зависит от ритмичности выполнения грузовой работы по периодам суток и возрастает вследствие того, что грузовая работа в ночные часы суток составляет около 10-20 % суточного объёма работы.

Анализ работы припортовых грузовых станций показал, что для них характерны значительные непроизводительные межоперационные простои вагонов, которые приводят к увеличению времени пребывания местного вагона в узле. На долю собственно грузовых операций приходится не более 20 % общего времени нахождения вагонов на станции, а остальные – непроизводительные простои в ожидании подачи и вагонов.

На рис. 2.2 приведена диаграмма средних простоев местных вагонов под различными технологическими операциями на припортовых станциях Украины за 2019 год.

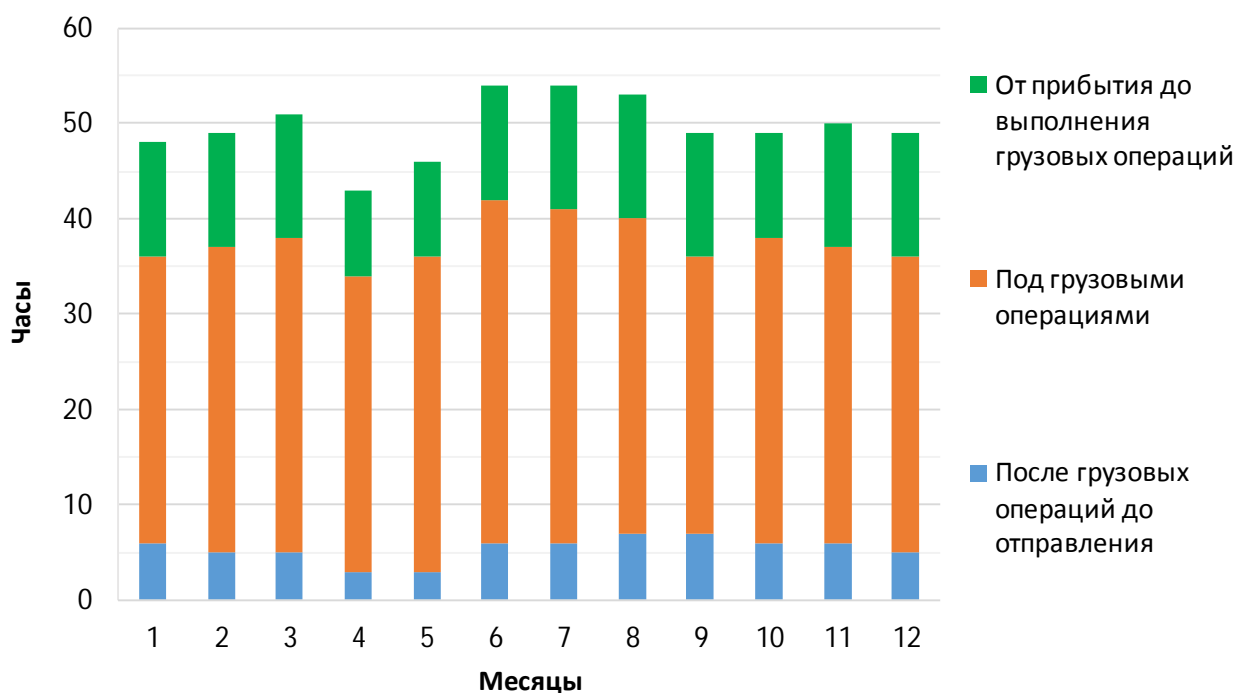


Рис. 2.2 – Простой местных вагонов на припортовых станциях Украины в 2019 году

Как видно из диаграммы, общее время нахождения вагонов на рассмотренных станциях достигает двух и более суток. По мере продвижения

с места отправления до места прибытия вагонопоток припортовых станций перерабатывается в узле до 4-5 раз по прибытии и 2-3 раза по отправлению.

Одна из главных причин этих простоев заключается в несовершенстве организации местной работы в железнодорожных узлах. В настоящее время уровень организации местной работы в узлах такой, что более 60 % времени пребывания в узле местные вагоны простаивают в ожидании выполнения технологических операций. При обслуживании местных вагонопотоков в железнодорожных узлах крупных административно-промышленных центров тенденция увеличения величины простоев длится годами.

Структура перевозок в адрес морских портов несколько отличается от структуры общего грузооборота по железным дорогам (рис. 2.3). Основные виды грузов, обрабатываемых в морских портах, обуславливает специализацию припортовых грузовых станций. Обычно это зерно, руда, нефть и нефтепродукты, каменный уголь, чёрные металлы, химические и минеральные удобрения.

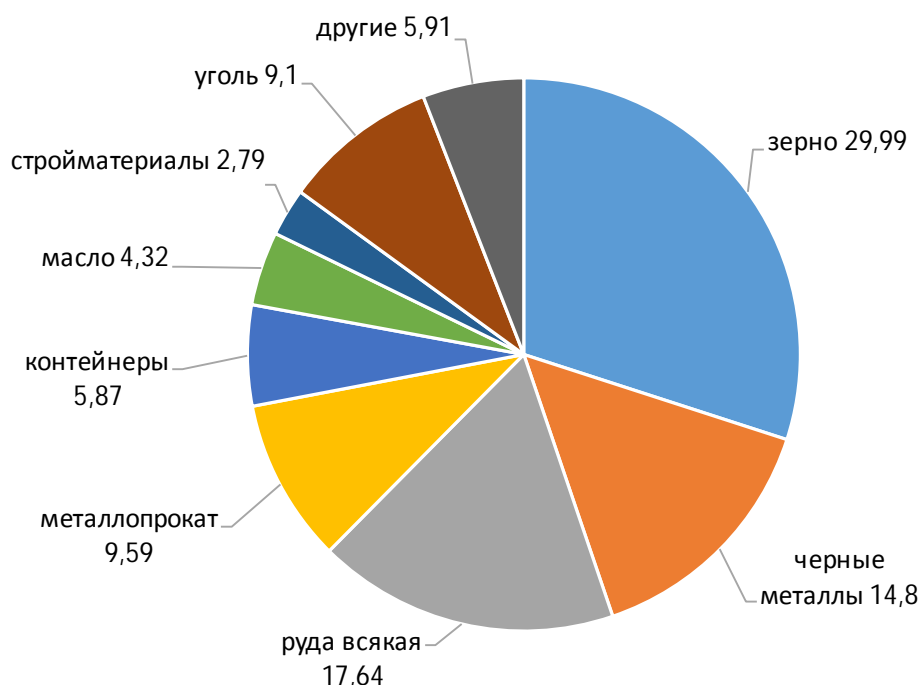


Рис. 2.3 – Перевалка через морские порты Украины в 2019 году по роду грузов, в процентах

Повышение объёмов переработки обусловлено в первую очередь увеличением экспорта из Украины (рис. 2.4). Функционирование железных

дорог с учётом их распространённости по территории Украины необходимо рассматривать с учётом их региональных различий.

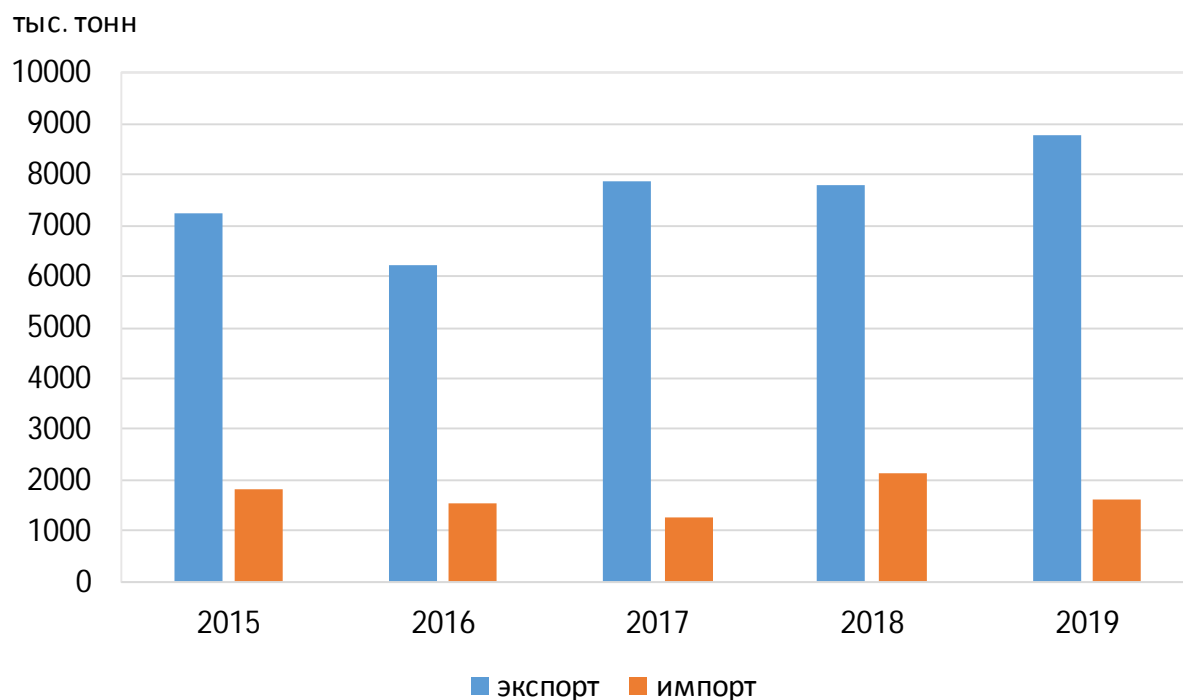


Рис. 2.4 – Объёмы перевалки грузов через морские порты Украины

На сегодня стратегически важным является юго-западное направление транспортировки, интенсивные грузо- и пассажиропотоки которого связаны с перевозкой импортно-экспортных грузов из Украины.

При перевозке экспортных грузов по железной дороге через морские порты, регулярно возникают задержки, что свидетельствует о нечёткой синхронизации организации работы всех участников перевозочного процесса, которые отвечают за продвижение торговых грузов по сетям железных дорог и отправки их на экспорт.

На рис. 2.5 приведены графики обработки вагонов с переработкой на сортировочной и припортовой грузовой станциях и значения технологических простоев. Как видно из рисунка, более 60 % общего времени пребывания указанных вагонов на сортировочной станции составляет операция по накоплению вагонов на состав. Это свидетельствует о неравномерном поступлении вагонов с грузами, что приводит к простоям во время составообразования, формированию сгущённого периода прибытия и

отправления поездов на станции, а следовательно, увеличение величины оборота вагона.



Рис. 2.5 – Диаграмма Ганта среднесуточных простоев вагонов с переработкой: *а* – на сортировочной станции; *б* – на припортовой грузовой станции

Положительная тенденция увеличения объёма перевозок приводит ряд проблем во взаимодействии железнодорожного и морского транспорта и, как следствие, появление брошенных поездов на подходах у припортовых станций.

На рис. 2.6 приведены диаграммы Исикава, на которой представлены основные причины, существенно и негативно влияющие на перерабатывающую способность припортовых станций. На основании данной причинно-следственной диаграммы можно сделать вывод о том, что основными группами причин снижения перерабатывающей способности

припортовых грузовых станций являются проблемы с инфраструктурой и техническим оснащением, несогласованность действий участников транспортного процесса, несоответствие технологии работы станций современным требованиям транспортного рынка, недостаточная загрузка подвижного состава, форс мажорные обстоятельства.

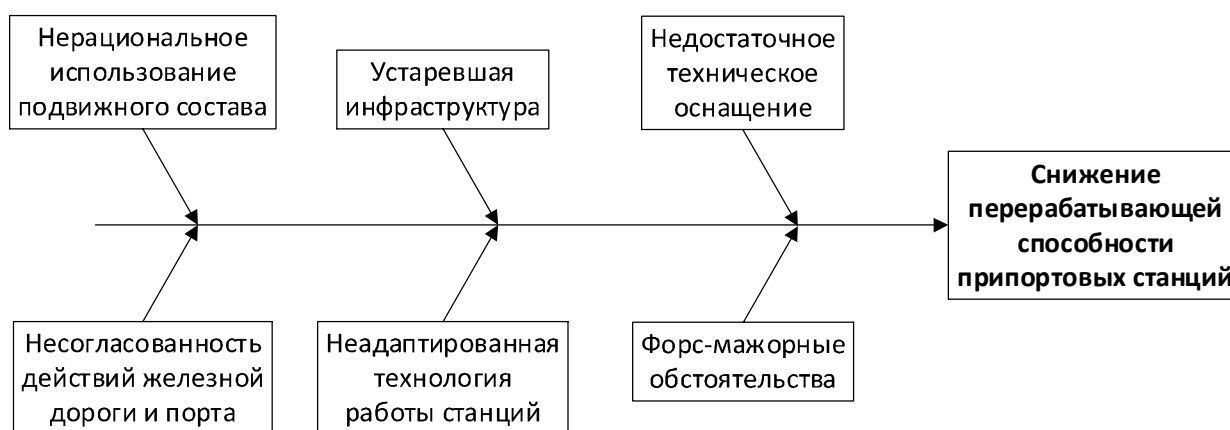


Рис. 2.6 – Диаграмма Исикава причин снижения перерабатывающей способности припортовых станций

Детальный анализ указанных причин даёт возможность поиска путей повышения перерабатывающей способности припортовых грузовых станций с учётом современных тенденций на рынке транспортных услуг.

Слаженность работы железнодорожного транспорта и морских портов зависит от многих факторов: загруженности направлений, ответственности участников процесса грузоперевозок и их готовности вести диалог между собой, регулирования внешней и внутренней политики выполнения перевозок и т.п. Сбои, возникающие на стыках «железная дорога – порт», приводят к финансовым и производственным потерям всех участников перевозочного процесса.

Анализируя приведенные факторы влияния на причины снижения перерабатывающей способности припортовых станций, можно сделать вывод о том, что устранение большинства из них требует значительных капитальных вложений как в парк подвижного состава и инфраструктуры станций, так и на внедрение прогрессивных технологий работы объектов, задействованных в процессах обработки вагонопотоков.

2.4 Выводы по главе 2

Мировая известность перевозок грузов через морские порты сильно повлияла и на украинскую транспортную систему. Рост грузооборота украинских морских портов связан, в первую очередь, с развитием портовых мощностей. Согласно результатам последних лет, перевалка грузов в морских портах Черноморского бассейна, которые расширили свои экспортные возможности, отличается интенсификацией перегрузочных процессов.

Значительная часть экспортных грузов доставляется в порты железнодорожным транспортом. Это вызывает повышение уровня технического загрузки устройств железнодорожной инфраструктуры, в частности на припортовых станциях, пока не справляются с существующими объёмами перевозок, обуславливает поиск решений проблемы приведения в соответствие технических и технологических резервов припортовых железнодорожных узлов к современным темпам развития национальной транспортной системы.

Рост объёмов экспортных вагонопотоков, следующих через железнодорожные станции к портам, свидетельствует о целесообразности совершенствования технологии перевозок грузов и перераспределения сортировочной работы в припортовых узлах, что позволит увеличить перерабатывающую способность припортовых грузовых станций. Альтернативный вариант расширения станционных территорий и технических устройств на многих припортовых станциях невозможен из-за близости портов и припортовых станции до границ населённых пунктов.

Анализ развития рыночных отношений в транспортной отрасли Украины показал, что изменение требований к качеству перевозок, предъявляемых к железнодорожному транспорту, приводит к увеличению сортировочной работы с местными вагонами в узлах. Поэтому дальнейшее повышение эффективности перевозочного процесса может быть достигнуто за счёт совершенствования местной работы крупных узлов и, в частности, с вагонопотоками в сторону припортовых грузовых станций.

3 ФОРМИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА И МОРСКОГО ПОРТА

Для усовершенствования подхода к расчёту рациональных параметров процесса обработки вагонопотоков назначением в морские порты в системе «Сортировочная станция – Грузовая станция – Районные парки морского порта» (далее СС-ГС-РП) необходимо определить мероприятия по повышению эффективности технологии обработки вагонопотоков, которые будут использованы в системе, а затем, для получения результатов их внедрения, построить математическую модель, отражающую величину эффективности данных мероприятий.

В качестве критерия оптимальности модели целесообразно принять минимум доли эксплуатационных расходов на обработку вагонопотоков в системе СС-ГС-РП. Повышение эффективности процесса обработки вагонопотоков в системе основано на приоритетности обслуживания и перераспределении работы между сортировочной и прилегающей припортовой станциями, поэтому в качестве управляющих параметров избраны объёмы вагонопотоков с приоритетной и обычной обработкой, согласно этим объёмам – количество групп вагонов, подаваемых в районные парки порта, количество вагонов в каждой такой подачи. Расчёт параметров процесса обработки вагонопотоков в системе будет происходить при использовании выражений-уравнений зависимости каждого вида доли эксплуатационных расходов от указанных параметров управления. Ограничения, наложенные на управляющие параметры, сформируют область допустимых решений задачи.

Под системой следует понимать технологически согласован комплекс организационных транспортных структур и технических устройств по переработке и перемещения вагонопотоков, объектами которой являются припортовая грузовая станция, находящаяся во взаимодействии с опорной сортировочной станцией или станциями, и порт.

Процесс обработки вагонопотоков в системе СС-ГС-РП состоит из трёх основных этапов по числу основных объектов в системе: обработка на сортировочной станции, на припортовой грузовой станции и в порту.

При поступлении общего вагонопотока K , который в процессе переработки на сортировочной станции будет адресован на припортовую грузовую станцию, делится на приоритетный k_1 и обычный k_2 . Под приоритетным вагонопотоком следует понимать тот, который выделяется в отдельное направление обработки и состоит из вагонов в адрес грузовых фронтов причалов порта с большими объёмами переработки. Выделение приоритетного вагонопотока обеспечивает ускорение процесса доставки вагонов под погрузку на суда, уменьшает простой судов в ожидании погрузки и дефицит порожних вагонов на железных дорогах Украины, наблюдающийся в последние годы [17]. При переработке вагонов на сортировочной станции следует выделить отдельные пути сортировочного парка для накопления подач вагонов приоритетной обработки назначением на отдельные причалы порта, на которых после выполнения расформирования составов сформировать укрупнённые группы вагонов и отправлять в составе передаточных поездов на грузовую припортовую станцию. Оставшийся вагонопоток, переработанный на сортировочной станции, необходимо перерабатывать в соответствии с существующей технологии работы станции.

Такой порядок приоритетного обслуживания вагонов позволяет сократить продолжительность нахождения этих вагонов на грузовой станции, исключая необходимость повторной их переработки для детального подбора по причалам в районных парках, особенно при отсутствии горочных сортировочных устройств на станции. Это даёт возможность перестановки подач из-под состава в парке приёма непосредственно в районные парки, что позволит сократить непродуктивное время в ожидании выполнения технологических операций с вагонами с момента окончания технического осмотра и разметки вагонов в парке приёма до момента подачи групп вагонов в районные парки, а также уменьшить продолжительность выполнения тех

технологических операций на грузовой станции, которые зависят от числа и порядка постановки вагонов в составе.

Указанное выше обуславливает необходимость представления процесса обработки вагонов назначением в морские порты в виде модели с целью поиска эффективных решений по организации движения вагонопотоков. Задача рационализации процесса обработки вагонопотоков является задачей выбора таких параметров технологии, которые обеспечили бы выполнение заданных объёмов перевозок с высоким уровнем качества, а также минимальными затратами времени и материальных ресурсов в течение заданного периода планирования.

Модель транспортной системы должна отражать особенности процесса движения вагонопотоков с момента их поступления на сортировочную станцию до момента выхода из системы. Под этим процессом понимается подача вагонов с припортовой станции в районные парки портов. Учитывая, что предложенная технология обработки вагонопотоков охватывает продолжительность нахождения вагонов назначением на грузовые фронты порта с момента окончания роспуска составов на сортировочной станции до момента подачи вагонов с грузовой станции в районные парки порта, к дальнейшему рассмотрению функционирования системы СС-ГС-РП принимаются те параметры, которые относятся непосредственно к указанному периоду нахождения вагонопотоков в системе.

Оптимизационная модель для расчёта рациональных параметров процесса обработки вагонов в припортовом узле назначением на грузовые фронты базируется на минимизации эксплуатационных расходов на обработку вагонов в подсистеме за счёт применения их приоритетности с момента окончания роспуска составов на СС до момента передачи групп вагонов в районные парки портов:

$$\begin{aligned}
E = & e_{\text{пр}}^{\text{cc}} \left(\sum_{i=1}^a t_{\text{пр } i}^{\text{cc } 1\text{п}} \left(n_{\text{пер}}^{1\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{1\text{п}}, n_{\text{под}}^{2\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{2\text{п}} \right) + \sum_{j=1}^b t_{\text{пр } j}^{\text{cc } 2\text{п}} \left(n_{\text{пер}}^{1\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{1\text{п}}, n_{\text{под}}^{2\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{2\text{п}} \right) \right) + \\
& + e_{\text{пр}}^{\text{гс}} \left(\sum_{f=1}^c t_{\text{пр } f}^{\text{гс } 1\text{п}} \left(n_{\text{пер}}^{1\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{1\text{п}}, n_{\text{под}}^{2\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{2\text{п}} \right) + \sum_{h=1}^d t_{\text{пр } h}^{\text{гс } 2\text{п}} \left(n_{\text{пер}}^{1\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{1\text{п}}, n_{\text{под}}^{2\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{2\text{п}} \right) \right) + \quad (3.1) \\
& + e_{\text{т}} \left(g_{\text{т}}^{1\text{п}} \left(n_{\text{пер}}^{1\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{1\text{п}} \right) + g_{\text{т}}^{2\text{п}} \left(n_{\text{под}}^{2\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{2\text{п}} \right) \right) + \\
& + e_{\text{эл}} \left(g_{\text{эл}}^{1\text{п}} \left(n_{\text{пер}}^{1\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{1\text{п}} \right) + g_{\text{эл}}^{2\text{п}} \left(n_{\text{под}}^{2\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{2\text{п}} \right) \right) \rightarrow \min ,
\end{aligned}$$

где $e_{\text{пр}}^{\text{cc}}$ – стоимость простоя транзитного вагона с переработкой на СС,

грн;

$t_{\text{пр } i}^{\text{cc } 1\text{п}}, t_{\text{пр } j}^{\text{cc } 2\text{п}}$ – доля общей продолжительности простоя на СС вагонов

потоков по приоритетной технологии обработки и по действующей соответственно, ч;

a, b – количество технологических операций, в том числе межоперационных простоев, на СС с вагонами потоков по приоритетной технологии обработки и по действующей соответственно;

$n_{\text{пер}}^{1\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{1\text{п}}$ – соответственно число и величина передач вагонов в адрес порта, сформированных на СС по приоритетной технологии;

$n_{\text{под}}^{2\text{п}}, m_{\text{ваг}}^{2\text{п}}$ – соответственно число и величина подач вагонов, сформированных на СС по действующей технологии;

$e_{\text{пр}}^{\text{гс}}$ – стоимость простоя вагонов на ГС, грн;

$t_{\text{пр } f}^{\text{гс } 1\text{п}}, t_{\text{пр } h}^{\text{гс } 2\text{п}}$ – продолжительность простоя на ГС вагонов потоков по приоритетной технологии обработки и по действующей соответственно, ч;

c, d – количество технологических операций на ГС, в том числе межоперационных простоев, с вагонами потоков по приоритетной технологией обработки и по действующей соответственно;

$e_{\text{т}}$ – стоимость дизельного топлива, грн/кг,

$g_T^{1п}$, $g_T^{2п}$ – доля расходов дизельного топлива при выполнении технологических операций в подсистеме СС-ГС-РП с вагонопотоками по приоритетной технологии обработки и по действующей соответственно, кг;

$e_{эл}$ – стоимость электроэнергии, грн/кВт;

$g_{эл}^{1п}$, $g_{эл}^{2п}$ – доля расходов электроэнергии локомотивами ГС при выполнении технологических операций в подсистеме СС-ГС-РП с вагонопотоками по приоритетной технологии обработки и по действующей соответственно, кВт.

Задача решается при ограничениях по допустимым объёмам вагонопотоков для обработки с приоритетной и по действующей технологии, а также по условной вместимости грузовых фронтов на причалах порта:

$$\begin{cases} n_{пер}^{1п \min} \leq n_{пер}^{1п} \leq n_{пер}^{1п \max} \\ m_{ваг}^{1п \min} \leq m_{ваг}^{1п} \leq m_{ваг}^{1п \max} \\ n_{под}^{2п \min} \leq n_{под}^{2п} \leq n_{под}^{2п \max} \\ m_{ваг}^{2п \min} \leq m_{ваг}^{2п} \leq m_{ваг}^{2п \max} \end{cases} \quad (3.2)$$

$$n_{пер}^{1п \min} = \begin{cases} 0, & \text{если } K_1 = 0, \\ 1, & \text{если } K_1 \geq 1; \end{cases}$$

$$n_{пер}^{1п \max} = \begin{cases} 0, & \text{если } K_1 = 0, \\ K_1, & \text{если } K_1 \geq 1; \end{cases}$$

$$m_{ваг}^{1п \min} = \begin{cases} 0, & \text{если } K_1 = 0, \\ 1, & \text{если } K_1 \geq 1; \end{cases}$$

$$m_{ваг}^{1п \max} = \begin{cases} 0, & \text{если } K_1 = 0, \\ K_1, & \text{если } 1 \leq K_1 < \sum_{i=1}^{n_{фр}} l_{фр i}, \\ \sum_{i=1}^{n_{фр}} l_{фр i}, & \text{если } K_1 \geq \sum_{i=1}^{n_{фр}} l_{фр i}; \end{cases}$$

$$n_{под}^{2п \min} = \begin{cases} 0, & \text{если } K_2 = 0, \\ 1, & \text{если } K_2 \geq 1; \end{cases}$$

$$n_{под}^{2п \max} = \begin{cases} 0, & \text{если } K_2 = 0, \\ K_2, & \text{если } K_2 \geq 1; \end{cases}$$

$$m_{\text{вар}}^{2\text{п min}} = \begin{cases} 0, & \text{если } K_2 = 0, \\ 1, & \text{если } K_2 \geq 1; \end{cases} \quad m_{\text{вар}}^{2\text{п max}} = \begin{cases} 0, & \text{если } K_2 = 0, \\ K_2, & \text{если } 1 \leq K_2 < \sum_{j=1}^{n_{\text{фр}}} l_{\text{фр } j}, \\ \sum_{j=1}^{n_{\text{фр}}} l_{\text{фр } j}, & \text{если } K_2 \geq \sum_{j=1}^{n_{\text{фр}}} l_{\text{фр } j}; \end{cases}$$

где K_1 , K_2 – объёмы обработки вагонопотоков в соответствии с приоритетной технологией и по действующей;

$n_{\text{фр}}$ – число фронтов на причалах порта, на которые формируются передачи и подачи вагонов;

$l_{\text{фр } i}$, $l_{\text{фр } j}$ – вместимость грузовых фронтов на причалах порта, на которые формируются передачи и подачи вагонов соответственно, усл. ваг.

Доля расходов дизельного топлива при выполнении технологических операций в подсистеме СС-ГС-РП в соответствии с вагонопотоками K_1 и K_2 , кг, определяется как сумма расходов по каждому из следующих этапов обработки вагонопотоков

$$\begin{aligned} g_{\text{т}}^{1\text{п}} &= g_{\text{т}}^{\text{cc } 1\text{п}} + g_{\text{т}}^{\text{cc-rc } 1\text{п}} + g_{\text{т}}^{\text{рп } 1\text{п}} \\ g_{\text{т}}^{2\text{п}} &= g_{\text{т}}^{\text{cc-rc } 2\text{п}} + g_{\text{т}}^{\text{rc } 2\text{п}} + g_{\text{т}}^{\text{рп } 2\text{п}} \end{aligned} \quad (3.3)$$

1) при формировании подач вагонов потока K_1 на сортировочной станции

$$g_{\text{т}}^{\text{cc } 1\text{п}} = b_{\text{т}}^{\text{cc}} \sum_{k=1}^V t_{\text{пер } k}^{\text{cc}}, \quad (3.4)$$

где $b_{\text{т}}^{\text{cc}}$ – средние удельные расходы топлива маневровыми локомотивами при формировании подач вагонов на сортировочной станции, кг/ч;

$t_{\text{пер}}^{\text{cc}}$ – продолжительность k -х перестановок вагонов потока K_1 при формировании подач, $t_{\text{пер}}^{\text{cc}} = f(m_{\text{вар}}^{1\text{п}})$, ч;

V – количество перестановок вагонов при формировании подач вагонов с приоритетного потока K_1 на сортировочной станции;

2) при следовании сформированных подач с потоков K_1 и K_2 из сортировочной станции на грузовую станцию при условии использования тепловозной тяги

$$\begin{aligned} g_T^{cc-rc\ 1п} &= b_T^{дв} \sum_{v=1}^{n_{под}^{1п}} t_{p\ v}^{1п}, \\ g_T^{cc-rc\ 2п} &= b_T^{дв} \sum_{w=1}^{n_{под}^{2п}} t_{p\ w}^{2п}, \end{aligned} \quad (3.5)$$

где $b_T^{дв}$ – средние удельные расходы топлива тепловозами при движении подач вагонов в составе передаточного поезда из сортировочной на грузовую станцию, кг/ч;

$t_{p\ v}^{1п}$, $t_{p\ w}^{2п}$ – продолжительность движения v -х и w -х передаточных поездов от сортировочной станции до припортовой грузовой с вагонами потоков K_1 и K_2 соответственно, ч;

3) при обработке вагонов потока K_2 на припортовой грузовой станции (переработка вагонопотока на сортировочных устройствах, формирование подач вагонов по причалам и т.п.)

$$g_T^{rc\ 2п} = b_T^{гс} \sum_{w=1}^{n_{под}^{2п}} (t_{расф\ w}^{гс} + t_{пер\ w}^{гс}), \quad (3.6)$$

где $b_T^{гс}$ – средние удельные расходы топлива маневровыми тепловозами при обработке вагонов из потока K_2 на припортовой грузовой станции, кг/ч;

$t_{расф\ w}^{гс}$ – продолжительность переработки w -х составов передаточных поездов на грузовой станции, ч;

$t_{пер\ w}^{гс}$ – продолжительность формирования w -х подач вагонов по причалам на путях грузовой станции, $t_{пер}^{гс} = f(m_{ваг}^{2п})$, ч;

4) при перестановке сформированных подач вагонов потоков K_1 и K_2 в районные парки порта

$$g_{\tau}^{\text{pp } 1\text{п}} = b_{\tau}^{\text{pp}} \sum_{v=1}^{n_{\text{под}}^{1\text{п}}} t_{\text{pp } v}^{1\text{п}},$$

$$g_{\tau}^{\text{pp } 2\text{п}} = b_{\tau}^{\text{pp}} \sum_{w=1}^{n_{\text{под}}^{2\text{п}}} t_{\text{pp } w}^{2\text{п}},$$
(3.7)

где b_{τ}^{pp} – средние удельные расходы топлива тепловозами при перестановке сложившихся подач вагонов потоков K_1 и K_2 и районные парки порта, кг / ч .;

$t_{\text{pp } v}^{1\text{п}}$, $t_{\text{pp } w}^{2\text{п}}$ – продолжительность перестановки соответственно v -х и w -х сформированных подач вагонов потоков K_1 и K_2 в районные парки порта соответственно, ч;

Доля расходов дизельного топлива локомотивами грузовой станции при l одиночных их перемещениях между грузовой станцией и портом в кг определяется в зависимости от числа одиночных пробегов тепловозов между станцией и портом

$$g_{\tau}^{\text{од}} = b_{\tau}^{\text{од}} \sum_{u=1}^p \Delta n_{\text{под } u} \cdot t_{\text{од } u},$$
(3.8)

где $b_{\tau}^{\text{од}}$ – средние удельные расходы топлива тепловозами при их одиночном перемещении между станцией и районными парками, кг/ч;

$t_{\text{од } u}$ – продолжительность одиночного пробега маневровых локомотивов грузовой станции между станцией и u -м районным парком порта, ч;

p – количество районных парков в порту;

Δn – разница между общим числом передач и подач с грузовой станции на u -й районный парк порта при выделении приоритетного вагонопотоков и

без него и числом подач с u -го районного парка на грузовую станцию при применении типовой технологии работы;

Доля расходов электроэнергии локомотивами грузовой станции при выполнении технологических операций с вагонопотоками в подсистеме СС-ГС-РП при применении электрической тяги, кВт

$$g_{эл} = g_{эл}^T + g_{эл}^{сп}, \quad (3.9)$$

где $g_{эл}^T$ – расход электроэнергии непосредственно на тягу поездов,

$$g_{эл}^T = f(n_{пер}^{1п}, m_{ваг}^{1п}, n_{под}^{2п}, m_{ваг}^{2п}), \text{ кВт};$$

$g_{эл}^{сп}$ – расход электроэнергии электровозом на собственные нужды, кВт;

$g_{эл s}^{од}$ – доля расходов электроэнергии локомотивами грузовой станции при каждом s -м одиночном их перемещении между грузовой станцией и портом, кВт. Данная величина определяется в зависимости от числа одиночных пробегов тепловозов между станцией и портом.

Поскольку при определении минимальных эксплуатационных расходов на обработку вагонов в подсистеме управляющие параметры являются целочисленными величинами, а зависимость указанных расходов от параметров управления является нелинейной, то рассматриваемая задача является задачей дискретного динамического программирования с аддитивной целевой функцией и линейными ограничениями [25, 26].

Для расчёта рациональных параметров процесса обработки вагонов в припортовом узле необходимо определить величину приоритетного вагонопотоков и число сортировочных путей для обработки вагонов по приоритетной технологии.

4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ВАГОНОПОТОКОВ НАЗНАЧЕНИЕМ В МОРСКОЙ ПОРТ

4.1 Процедура определения величины приоритетного вагонотока

Определение величины вагонотоков с обработкой по приоритетной технологии предусматривает выполнение многовариантных расчётов. В этой связи возникает необходимость реализации сформированного комплекса математических моделей (раздел 3) на ЭВМ с последующим интегрированием в автоматизированную технологию управления процессом обработки вагонотоков назначением в морские порты.

С этой целью использована процедура определения величины вагонотоков с обработкой по приоритетной технологии в виде алгоритма, блок-схема которого представлена на рис. 4.1.

Исходными данными для расчёта являются:

- количество причалов (маневровых районов) N ;
- количество грузовых фронтов на причалах M ;
- перерабатывающая способность припортовой станции SE ;
- количество путей сортировочного парка на СС, ns .

Сначала проводится инициализация матрицы подач на причалы порта $A(i; j)$ (блок 3), которая состоит из строк, соответствующих причалам порта, и столбцов, соответствующих грузовым фронтам этих причалов. Блоки 4, 5, 6 задают циклы для перебора соответственно количества причалов в порту, числа путей в сортировочном парке на СС и величин подач на грузовые фронты на каждом причале для выбора крупнейших подач на грузовые фронты MAX (блок 7). В блоке 8 происходит накопление таких подач, после чего задаётся цикл перебора числа путей в сортировочном парке СС (блок 9) для формирования пар подач вагонов $MAXP$ (блок 10), которые будут присоединены к ранее сформированному вагонотоку в блоке 11.

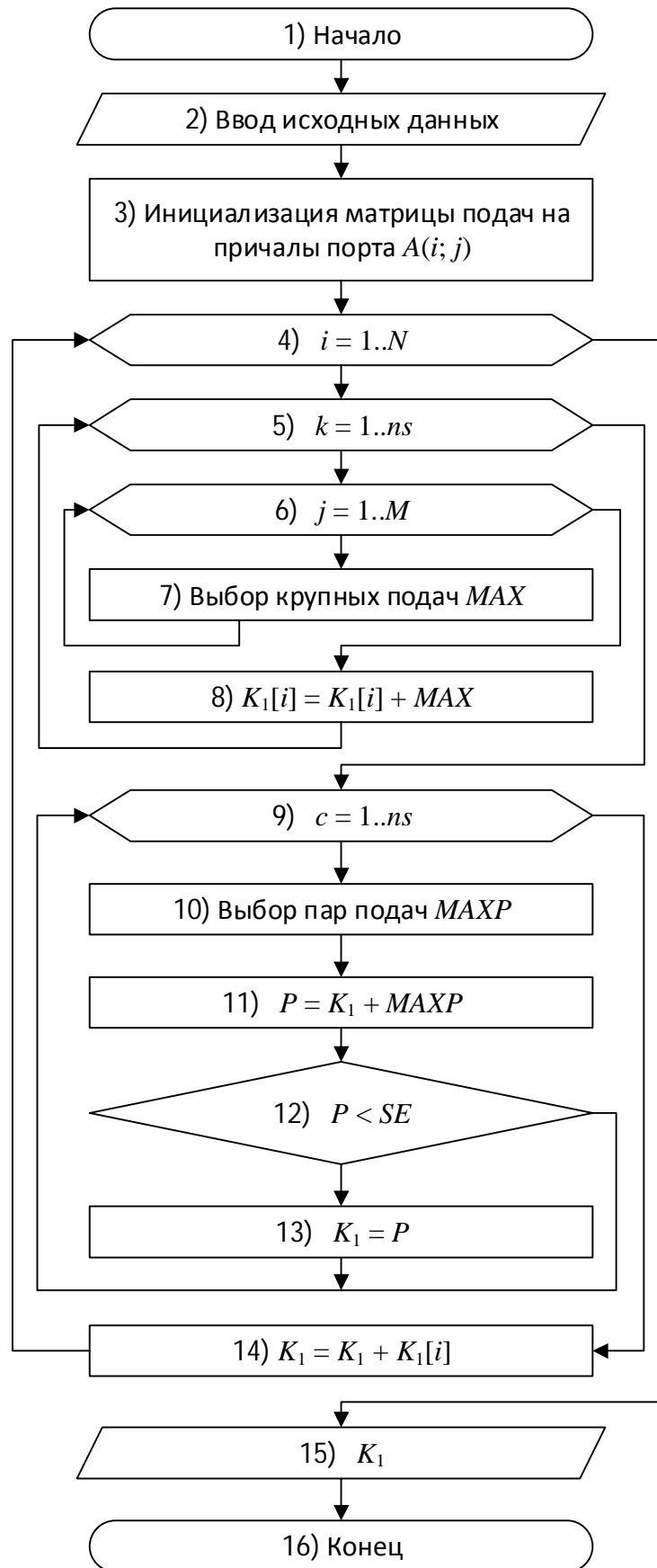


Рис. 4.1 – Обобщённая процедура определения величины вагонопотока с обработкой по приоритетной технологии

Если отобранный вагонопоток не превышает перерабатывающую способность припортовой станции (блок 12), то ему присваивают значение K_1 в блоке 13 и объединяют с крупнейшими подачами (блок 14), формируя конечное значение величины вагонопотоков K_1 с обработкой по приоритетной технологии (блок 15).

Рассмотренная процедура определения величины приоритетного вагонопотоков в виде алгоритма даёт возможность запланировать порядок и время обработки каждой подачи в порт, уменьшить непроизводительные простои вагонов путём согласованного планирования совместной работы железной дороги и морского порта по передаче вагонов, уменьшить простои судов в ожидании их обслуживания, более точно спрогнозировать продолжительность обработки вагонов на припортовой станции и в порту.

4.2 Определение числа сортировочных путей для обработки приоритетных вагонопотоков

Научные разработки по определению путевого развития припортовых грузовых станций формировались на основе методик, разработанных для расчёта числа путей на сортировочных и грузовых станциях.

Количество сортировочных путей в [27], следует определять, как суммарное число единичных погрузочно-разгрузочных фронтов отдельных участков порта. В [28] обосновывается увеличение ёмкости сортировочного парка за счёт заключения дополнительных путей при неравномерном распределении вагонов по назначениям различной мощности в зависимости от мощности и вероятности накопления вагонов за отдельный период.

В работе [29] предложена методика распределения сортировочных путей между назначениями плана формирования, которая позволяет сократить общие эксплуатационные расходы сортировочных станций на окончание формирования одnogруппных и многогруппных поездов на основе минимизации приведенных маневровых локомотиво-часов, затрачиваемых на окончание формирования поездов. В [30] рассмотрены общие

эксплуатационные расходы сортировочных станций, связанные с поездообразованием. Выделены статьи эксплуатационных расходов, величина которых зависит от специализации сортировочных путей в парках накопления технических станций и выполнено их нормирование для расчёта рациональной специализации этих путей.

Согласно [31] в случае, когда порт обслуживается непосредственно сортировочной станцией, количество сортировочных путей, специализированных для порта, рекомендуется устанавливать из условия накопления на одном пути вагонов для группы грузовых фронтов, обслуживаемых одноразовой подачей. Количество и полезная длина этих путей зависят от величины суточного вагонопотока, поступающего в адрес соответствующей группы погрузочно-разгрузочных фронтов:

- до 60 вагонов в сутки – 1 путь длиной 500-700 м;
- от 61 до 160 вагонов в сутки – 1 путь длиной 700-850 м;
- более 160 вагонов в сутки – 2 пути длиной 500-700 м.

При технологии обслуживания порта только сортировочной станцией число сортировочных путей на ней для групп вагонов в адрес порта в общем виде может определяться по формуле

$$n_{\text{сорт}}^{\text{cc}} = \frac{\sum N_{\text{сеп}}^{\text{в}} \cdot t_{\text{тех}}^{\text{cc}}}{24 \cdot L_{\text{в}}}, \quad (4.1)$$

где $N_{\text{сеп}}^{\text{в}}$ – среднесуточное количество вагонов, прибывающих под выгрузку в максимальный месяц переработки;

$t_{\text{тех}}^{\text{cc}}$ – технологическая продолжительность обработки вагонов на сортировочной станции, ч;

$L_{\text{в}}$ – вместимость одного пути при установленной весовой норме передачи, усл. ваг.

В работе [32] предложена формула определения числа сортировочных путей в соответствии с числом назначений, для которых формируются передаточные поезда, или количества отдельных портовых районов, которые

обслуживаются опорной сортировочной станцией в зависимости от размера суточного вагонопотока.

Очевидно, что на сортировочных и припортовых станциях используются схожие принципы организации маневровой работы и задействованы методики определения путевого развития в парках, что вызвано однородностью характеристик поездопотоков, поступающих на эти станции и обуславливает общий подход в определении числа сортировочных путей на них.

Вопрос путевого развития парков прибытия и отправления были рассмотрены учёными в достаточной мере, а теории развития сортировочных парков и расчёта их числа посвящено значительно меньше работ. При этом в основу большинства расчётов положено определение основного числа путей для выполнения непосредственно сортировочной работы по переработке вагонов и дополнительного числа путей для выполнения местной работы, повторного сортировки углового вагонопотоков, для вагонов с опасными грузами, вагонов, требующих ремонта и тому подобное.

На сегодня количество сортировочных путей в парках сортировочных станций следует устанавливать согласно [33] в зависимости от количества назначений по плану формирования поездов (включая назначение порожних вагонов), суточного количества вагонов каждого назначения и технологии формирования поездов.

На каждое назначение плана формирования, как правило, выделяется отдельный сортировочный путь, а для назначений с суточным вагонопотоком более 200 вагонов – два пути. В соответствии с технологией формирования групповых поездов для накопления вагонов отдельных назначений в сортировочном парке допускается выделять дополнительные пути.

Количество сортировочных путей на одно назначение в работе [35] автором А. М. Сухопяткиным было предложено определять по формуле

$$n_{\text{сп}}^{\text{назн}} = \frac{2 \cdot t_{\text{нак}} \cdot N_{\text{ваг}}}{24 \cdot m_{\text{с}}}, \quad (4.2)$$

где $N_{\text{ваг}}$ – суточное количество вагонов одного назначения;

$m_{\text{с}}$ – среднее количество вагонов в составе поезда;

$t_{\text{нак}}$ – средний простой вагонов под накоплением на станции, ч.

Величина $t_{\text{нак}}$ определяется по формуле

$$t_{\text{нак}} = \frac{c_{\text{скв}} \cdot k_{\text{скв}} \cdot m_{\text{скв}} + c_{\text{сб}} \cdot k_{\text{сб}} \cdot m_{\text{сб}}}{N_{\text{ваг}}}, \quad (4.3)$$

а для каждого назначения

$$t_{\text{нак}}^{\text{назн}} = \frac{c \cdot m}{N_{\text{ваг}}^{\text{назн}}}, \quad (4.4)$$

где $c_{\text{скв}}$, $c_{\text{сб}}$ – параметр накопления соответственно сквозных и сборных, передаточных, вывозных поездов;

$k_{\text{скв}}$, $k_{\text{сб}}$ – количество назначений соответственно сквозных и сборных, передаточных, вывозных поездов;

$m_{\text{скв}}$, $m_{\text{сб}}$ – среднее количество вагонов в составе соответственно сквозных и сборных, передаточных, вывозных поездов, формируемых на станции.

С целью приближения величины необходимого числа сортировочных путей к реальным условиям функционирования объектов транспортной подсистемы предложено применение формулы (4.2) из расчёта необходимого путевого развития для обработки вагонов приоритетного вагонопотоков на основе математического ожидания продолжительности накопления приоритетных вагонов каждого назначения на состав передаточного поезда и величины состава передаточного поезда, который формируется в адрес грузовых станций.

Кроме того, с учётом неравномерности поступления отдельных вагонопотоков на станцию и увеличение количества технологических операций на сортировочных путях при формировании групп вагонов назначением на причалы порта целесообразно будет к основному количеству путей дополнительно задействовать один путь для погашения указанных факторов. Назначением указанного дополнительного пути является перестановка групп вагонов при формировании состава передаточного поезда, поэтому распределение вагонов в процессе роспуска с горки на этот путь не предусмотрен, кроме случая, когда на данном пути будет размещена готовая группа вагонов без необходимости подбора вагонов, включённая в состав передаточного поезда.

Таким образом, формула определения числа путей сортировочного парка для обработки приоритетного вагонопотоков на сортировочной станции после усовершенствования примет вид

$$n_s^{1п} = \frac{\left(\int_0^{t_p} t_{\text{нак}} \cdot f(t_{\text{нак}}) dt \right) \cdot \sum_{i=1}^b N_{\text{ваг } i}^{\text{пп}}}{t_p \cdot \mu_c} + 1, \quad (4.5)$$

где t_p – период оперативного планирования работы на сортировочной станции, ч;

b – число приоритетных назначений, из которых формируются передаточные поезда на припортовую грузовую станцию за период t_p ;

$t_{\text{нак}}$ – продолжительность накопления вагонов каждого назначения на состав передаточного поезда, который формируется в адрес ГС, ч;

$f(t_{\text{нак}})$ – функция плотности распределения продолжительность накопления приоритетных вагонов каждого назначения на состав передаточного поезда;

$N_{\text{ваг } i}^{\text{пп}}$ – суточный объем вагонов, поступающих на СС с каждого i -го приоритетного назначения;

μ_c – математическое ожидание величины состава передаточного поезда, который формируется в адрес ГС, ваг.

Необходимость усовершенствования указанной формулы обусловлена тем, что поступления вагонов в подсистему СС-ГС-РП в течение суток имеет неравномерный характер, мощности назначений вагонов отличаются в разы и имеют сезонный характер.

С целью применения усовершенствованного метода определения путевого развития в сортировочном парке сортировочных станций целесообразно провести исследования статистических параметров продолжительности накопления вагонов на опорных сортировочных станциях и количества вагонов в составе передаточного поезда, которые формируются на сортировочной станции назначением на припортовую станцию. Исследование структуры и оценку параметров указанных величин выполнено с использованием методов математической статистики.

С учётом предположения о том, что в частном случае величина приоритетного вагонопотоков может принимать значения общего, к рассмотрению приняты статистические данные, собранные на железнодорожных станциях припортового узла Регионального филиала «Одесская железная дорога» АО «Украинская железная дорога» Одесса-Сортировочная и Одесса-Застава-1.

С помощью программной среды *Microsoft Excel* было выполнено обработку статистических данных, результаты которой приведены в приложении А.

Для определения оценки степени близости теоретических распределений к эмпирическим распределениям исследуемых величин был избран аналитический методы согласования гипотез о распределении случайных величин с использованием χ^2 -критерия Пирсона и критерия Романовского [35, 36].

Количественный состав поездов, формируемых на сортировочной станции для их дальнейшего расформирования на припортовой станции,

представляет собой случайную дискретную величину, распределённую по нормальному с параметрами:

– математическое ожидание $\mu_c = 35,76$ ваг.;

– стандартное отклонение $\sigma_c = 9,04$ ваг.;

– функция плотности $f(x) = \frac{1}{16,023} e^{-\frac{(x-35,76)^2}{163,28}}$.

Гистограмма распределения и дифференциальная функция величины числа вагонов в составе передаточных поездов приведена на рис. 4.2.

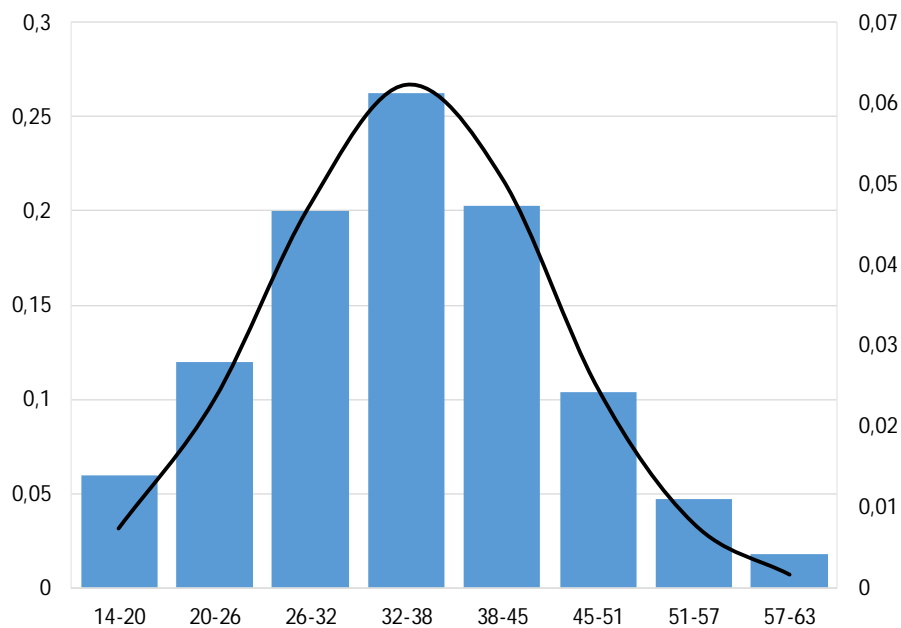


Рис. 4.2 – Распределение количества вагонов в составе передаточных поездов в адрес припортовой станции, сформированных на сортировочной станции

Продолжительности простоя вагонов под накоплением, представляет собой случайную величину, которая имеет гамма распределение с параметрами:

– математическое ожидание $\mu_{\text{нак}} = 2,91$ ч;

– стандартное отклонение $\sigma_{\text{нак}} = 1,88$ ч;

– параметр формы $\alpha = 2,406$;

– параметр масштаба $\beta = 1,213$;

– функция плотности $f(x) = \frac{13,21}{\Gamma(2,4)} x^{1,406} e^{-2,92x}$.

Гистограмма распределения и дифференциальная функция продолжительности простоя вагонов под накоплением приведена на рис. 4.3.

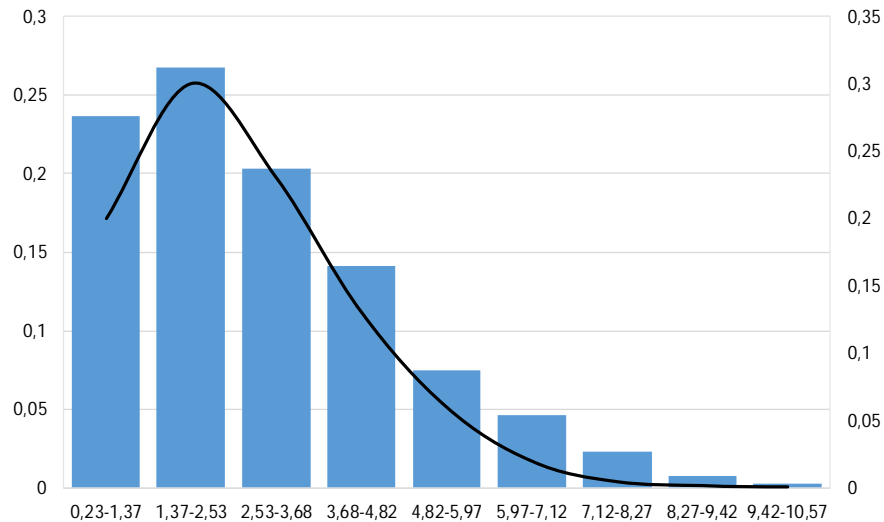


Рис. 4.3 – Распределение продолжительности накопления вагонов на путях сортировочного парка сортировочной станции

4.3 Формирование имитационных моделей функционирования объектов транспортной подсистемы «Сортировочная станция – Грузовые станции – Районные парки порта»

Для проведения оптимизационных расчётов рациональных конструктивно-технологических параметров процесса обработки вагонов на станциях припортового железнодорожного узла назначением на грузовые фронты, в частности, необходимого числа маневровых локомотивов для работы в подсистеме формирования опорной сортировочной станции, необходимо определить объёмы маневровой работы, проводимой в указанной подсистеме, а также продолжительность простоя вагонов под технологическими операциями, которые проводятся в подсистеме.

В этой связи возникает вопрос формирования имитационной модели транспортной подсистемы СС-ГС-РП. Это даст возможность определить объём маневровых работ в подсистеме формирования сортировочной станции и дальнейшего расчёта уровня загрузки маневровых локомотивов подсистемы формирования как элемента системы ограничений оптимизационной модели максимизации производительности маневровых локомотивов, которые

используются для выполнения технологических операций по формированию групп вагонов назначением на грузовые фронты

$$W = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{пер}}} m_{\text{ваг } i}^{1\text{п}} + \sum_{j=1}^{n_{\text{под}}} m_{\text{ваг } j}^{2\text{п}}}{M_{\text{сс}}(t_{\text{п}} - t_{\text{эк}})} \rightarrow \max, \quad (4.6)$$

при соблюдении следующих условий:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq M_{\text{сс}} \leq M_{\text{общ}} - M_{\text{гс}}^{\text{мин}} \\ \Psi_{\text{мин}}^{\text{мл}} \leq \Psi_1^{\text{сс}} \leq \Psi_{\text{макс}}^{\text{мл}} \\ \dots \\ \Psi_{\text{мин}}^{\text{мл}} \leq \Psi_{M_{\text{сс}}}^{\text{сс}} \leq \Psi_{\text{макс}}^{\text{мл}} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \Psi_{\text{мин}}^{\text{мл}} \leq \Psi_1^{\text{гс}} \leq \Psi_{\text{макс}}^{\text{мл}} \\ \dots \\ \Psi_{\text{мин}}^{\text{мл}} \leq \Psi_{M_{\text{гс}}^{\text{мин}}}^{\text{гс}} \leq \Psi_{\text{макс}}^{\text{мл}} \end{array} \right. \quad (4.7)$$

где $M_{\text{сс}}$ – потребное число маневровых локомотивов в подсистеме формирования СС для выполнения объёмов работы по формированию составов;

$t_{\text{эк}}$ – продолжительность экипировки маневровых локомотивов в течение расчётного периода $t_{\text{п}}$, ч;

$M_{\text{общ}}$ – общее число маневровых локомотивов в подсистемах формирования СС и ГС;

$M_{\text{гс}}^{\text{мин}}$ – минимально необходимое число маневровых локомотивов на припортовой ГС для обеспечения выполнения текущего объёма работ;

$\Psi_1^{\text{сс}}, \Psi_2^{\text{сс}}, \dots, \Psi_{M_{\text{сс}}}^{\text{сс}}$ – уровень загрузки соответственно 1, 2, ..., $M_{\text{сс}}$ маневровых локомотивов;

$\Psi_{\text{мин}}^{\text{мл}}, \Psi_{\text{макс}}^{\text{мл}}$ – соответственно минимальный и максимальный уровни загрузки маневрового локомотива в подсистеме формирования станции.

Также к результатам имитационного моделирования относятся объёмы маневровой работы на припортовой грузовой станции и продолжительность простоя вагонов под технологическими операциями в подсистеме для

использования в оптимизационных расчётах модели (3.1) минимизации эксплуатационных затрат на обработку вагонов.

Системам, функционирующим в режиме реального времени, наиболее адекватны модели временных сетей Петри [37, 38]. Такие сети позволяют оценивать временные характеристики систем реального времени. Во временной сети каждому переходу соответствует некоторое действительное число, обозначающее продолжительность срабатывания этого перехода. С момента срабатывания перехода его маркеры получают признак занятости и не могут использоваться для срабатывания других переходов до окончания срабатывания данного перехода.

Благодаря технической возможности осуществления нескольких процессов моделирования, одновременно признаки, положенные на отдельные переходы в одной сети, могут соответствовать различным физическим процессам (например, продолжительность технологических операций, распределение транспортных подвижных единиц по различным признакам, занятость путей парков и т.д.), представленным в одной сети.

Исследование функционирования подсистемы целесообразно проводить в два этапа: сначала проводить моделирование работы сортировочной станции с анализом полученных значений, а затем отдельно припортовой. Такой подход обусловлен особенностями построения моделей в сетях Петри при необходимости получения результатов моделирования на каждом его этапе, что имеет принципиальное значение. Так, некоторые исходные параметры при моделировании работы сортировочной станции являются входными данными для проведения моделирования работы припортовой грузовой станции (в частности, количество и состав передаточных поездов, сформированных на сортировочной станции назначением на припортовую).

Процесс функционирования сортировочной станции Одесса-Сортировочная, характер работы которой позволяет рассматривать её как опорную сортировочную станцию, формирует поезда на припортовую

станцию, и припортовой грузовой станции Одесса-Порт, был положен в основу создания имитационной модели в сетях Петри с целью исследования как технологических процессов на сортировочной станции, так и определения тех конструктивно-технологических параметров, значения которых лежат в основе определения целесообразности внедрения усовершенствованной технологии обработки международных вагонопотоков на этой станции. К таким параметрам относятся те, которые количественно зависят от проведения усовершенствованной технологии и по своим значениям отличаются от аналогичных, определённых при существующей технологии:

- общая продолжительность нахождения экспортных вагонов в подсистеме СС-ГС-РП (продолжительность нахождения вагонов на сортировочной станции под сортировкой $t_{\text{сорт}}^{\text{CC}}$; продолжительность обработки вагонов на грузовой припортовой станции $t_{\text{обр}}^{\text{ГС}}$);

- занятость путей сортировочного парка сортировочной станции z ;

- резерв перерабатывающей способности припортовой станции $N_{\text{рез}}$.

Определение этих параметров производится путём задания условий функционирования станции и исследования их изменений, вызванных применением тех условий, которые формируют процесс применения усовершенствованной технологии работы станции.

Процесс имитационного моделирования предполагает наличие исходных данных, которые формируют условия для проведения моделирования. Исходными данными задачи является информация о структуре подсистемы, объёмы вагонопотоков, поступающего на сортировочную станцию согласно плану формирования поездов; характеристики технических объектов сортировочной станции, к которым относятся: мощность сортировочной горки, количество путей в парках станций, количество работающих на станции маневровых локомотивов и их специализация, количество групп работников технического и коммерческого

осмотра, оперативная информация о состоянии объектов в предыдущие моменты времени и тому подобное.

Среди совокупности технических и технологических показателей работы станций для проведения моделирования работы сортировочной станции входными параметрами являются:

- размер входного поездопотока на станцию $N_{\text{вх}}^{\text{cc}}$;
- доля приоритетных вагонов в этих поездах назначением в порты через припортовую станцию δ ;
- количество парков p^{cc} и путей в них n_p^{cc} для приёма поездов;
- количество маневровых локомотивов, работающих на сортировочной станции L_{cc} ;
- количество путей в сортировочном парке станции, на которые осуществляется роспуск составов n_c^{cc} .

Для проведения моделирования работы припортовой грузовой станции входными параметрами являются:

- размер входного поездопотока на припортовую станцию $N_{\text{вх}}^{\text{гс}}$;
- доля поездов из приоритетных вагонов назначением в порты δ ;
- число приёмоотправочных путей на станции $n_p^{\text{гс}}$;
- количество маневровых локомотивов, работающих на припортовой станции $M_{\text{вс}}$;
- количество путей станции, на которых возможен роспуск составов и маневровые работы $n_c^{\text{гс}}$.

Главные окна программных комплексов имитационных моделей транспортной системы по обработке вагонопотоков в сетях Петри [39] приведены на рис. 4.4 и 4.5.

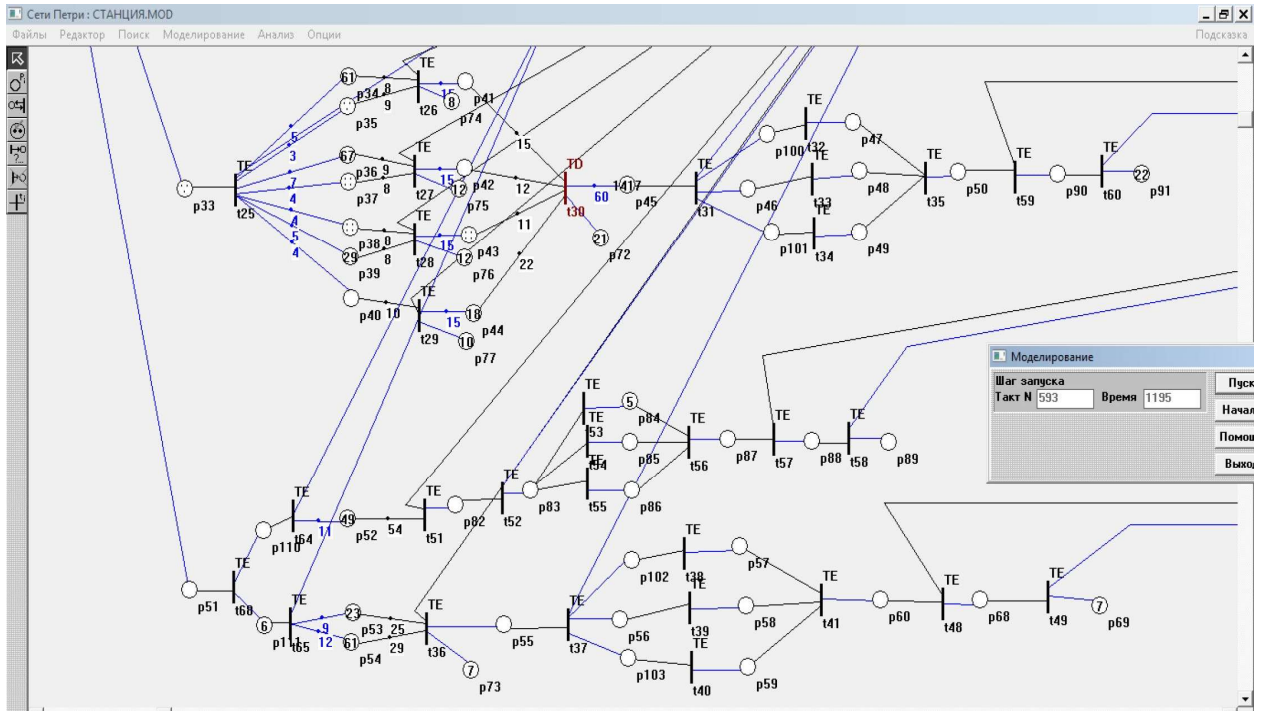


Рис. 4.4 – Фрагмент имитационной модели работы сортировочной станции припортового узла в сетях Петри (второй и третий пучок сортировочного парка)

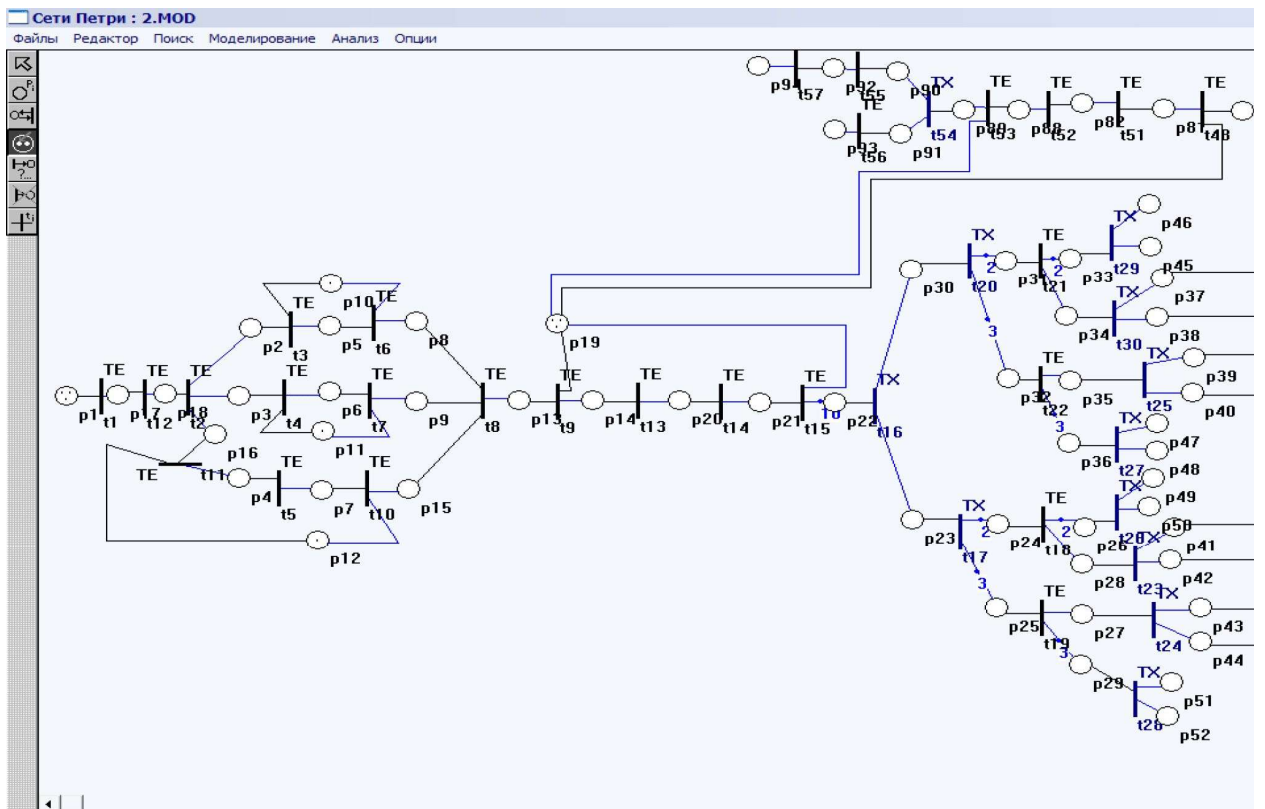


Рис. 4.5 – Фрагмент имитационной модели работы грузовой станции припортового узла в сетях Петри (расформирование составов)

Моделирование процесса поездообразования проводится на основании установленных технологическим процессом норм продолжительности нахождения составов в парках прибытия и отправления, расформирования и формирования составов, перестановки их в парк отправления и т.п.

4.4 Моделирование процесса функционирования транспортной подсистемы «Сортировочная станция - Грузовая станции - Районные парки порта»

С целью расчёта необходимого числа маневровых локомотивов для работы в подсистеме формирования опорной сортировочной станции на основе математической модели (4.6) оптимизации производительности работы локомотивов необходимо определить уровень загрузки маневровых локомотивов подсистемы формирования сортировочной станции

$$\Psi_{M_{cc}} = \frac{\left(\frac{N_{пер}}{m}\right) \left((1 - \varepsilon_{co}) \cdot (t_{оф} + t_{пер} + t_{возвр}) + \varepsilon_{co} \cdot t_{оф} \right)}{M_{cc} \cdot \left(1440 \cdot \alpha_c - \sum T_{пост} \right)}, \quad (4.8)$$

где $N_{пер}$ – суточный объем вагонов, поступающих в переработку в сортировочный парк;

m – среднее число вагонов в составе поезда своего формирования;

ε_{co} – доля поездов, отправляющихся непосредственно с сортировочных путей, от общего количества отправленных поездов;

$t_{оф}$ – средневзвешенная продолжительность окончания формирования одного состава, мин;

$t_{пер}, t_{возвр}$ – соответственно продолжительность перестановки сформированного состава поезда на пути отправления и возвращения локомотива в район формирования, мин;

α_c – коэффициент, учитывающий возможные перерывы в использовании вытяжных путей из-за враждебных перемещений;

$\sum T_{\text{пост}}$ – продолжительность занятия сортировочной горки постоянными операциями по экипировке маневровых локомотивов, технического обслуживания горочных устройств, которое требует прекращения роспуска, расформирования групп вагонов с путей ремонта, вагонного депо, местных вагонов и т.п., мин.

Число маневровых локомотивов должно быть технологически обоснованно. С этой целью необходимо провести расчёты объёма манёвровой работы для каждой станции узла. К тому же, наличие системы ограничений в модели (4.7) обуславливает соблюдение условия, что для сортировочных станций уровень загрузки маневровых локомотивов, задействованных в процессе формирования поездов $\psi_{M_{cc}}$, должен быть в пределах от 0,4 до 0,75.

По результатам имитационного моделирования работы сортировочной станции Одесса-Сортировочная Одесского припортового узла в среде сетей Петри по определению продолжительности выполнения технологических операций в подсистеме формирования станции была получена зависимость уровня загрузки маневровых локомотивов в подсистеме формирования станции от их количества, которая представлена в виде графика на рис. 4.6.

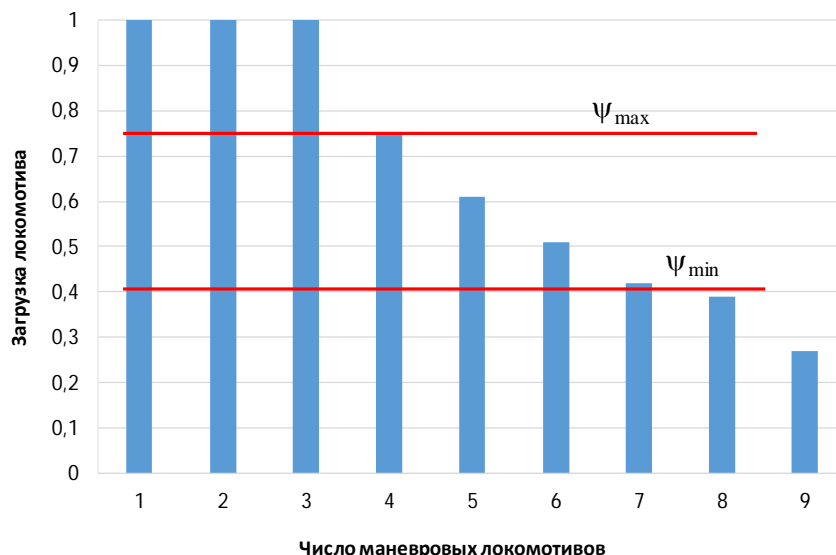


Рис. 4.6 – Зависимость уровня загруженности маневровых локомотивов в подсистеме формирования сортировочной станции от их количества

Как видно из рисунка, в допустимый интервал величины уровня загрузки маневровых локомотивов вошли три значения числа локомотивов – пять, шесть и семь.

Таким образом, учитывая небольшое количество возможных решений для задачи расчёта нужного количества маневровых локомотивов для работы в подсистеме формирования опорной сортировочной станции, целесообразно применить метод направленного перебора вариантов [40], в основу которого положена идея ветвей и границ, позволяющий найти одно из допустимых решений за короткое время [41].

Производительность работы маневрового локомотива представляет собой количество обработанных вагонов за установленный период времени. Для проведения расчётов максимизации производительности работы локомотивов был выбран 4-часовой период оперативного планирования работы станции Одесса-Сортировочная. Графическая интерпретация результатов расчёта необходимого числа маневровых локомотивов для работы в подсистеме формирования приведена на рис. 4.7.

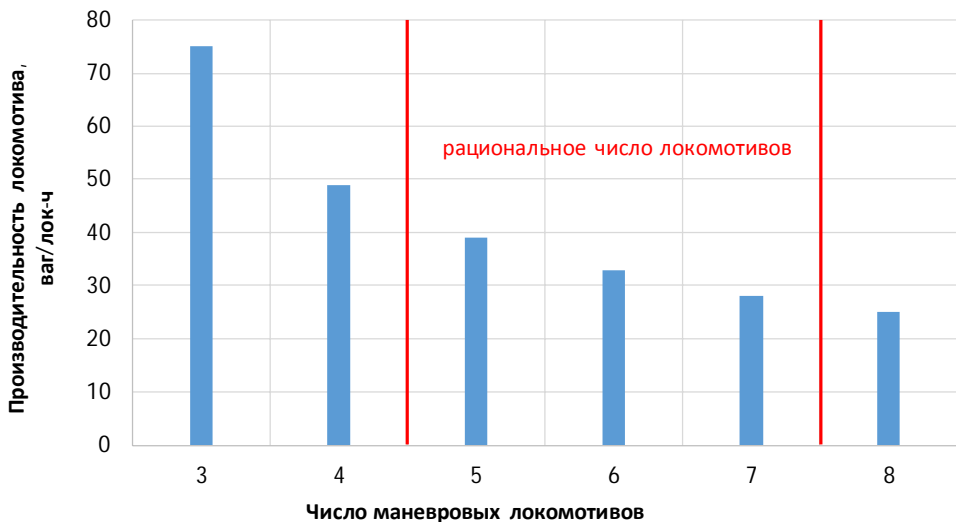


Рис. 4.7 – Зависимость производительности маневровых локомотивов в подсистеме формирования сортировочной станции от их числа

Как видно из рисунка, с учётом ограничений по величине максимального значения производительности работы маневровых

локомотивов достигается при работе 5 локомотивов и составляет 39 ваг/лок-час.

Таким образом, обеспечение объёмов выполняемой работы по формированию составов поездов на сортировочной станции Одесса-Сортировочная при применении технологии обработки вагонов назначением на грузовые фронты порта на основе их приоритетности достигается при использовании трёх собственных локомотивов сортировочной станции и двух маневровых локомотивов припортовой грузовой станции Одесса-Порт.

Поскольку задача минимизации эксплуатационных расходов от сокращения простоя вагонов в транспортной подсистеме относится к задачам целочисленного нелинейного дискретного программирования с системой линейных ограничений, и учитывая большую размерность поставленной задачи, проведено её решения с помощью метода обобщённого приведенного градиента [42], который является частным случаем метода возможных направлений.

Метод приведенного градиента основан на сокращении размерности задачи с помощью представления всех переменных через множество зависимых и независимых переменных. Это достигается проекцией градиента целевой функции на плоскость, проведённую на нелинейную поверхность, которая описывается уравнениями системы ограничений. Направление движения определяется градиентом функции через производные целевой функции по независимым переменным. Зависимые переменные целевой функции являются неявной функцией от независимых переменных в системе уравнений, которые определяют ограничения задачи.

На рис. 4.8 изображена графическую интерпретацию результатов моделирования процесса функционирования транспортной подсистемы.

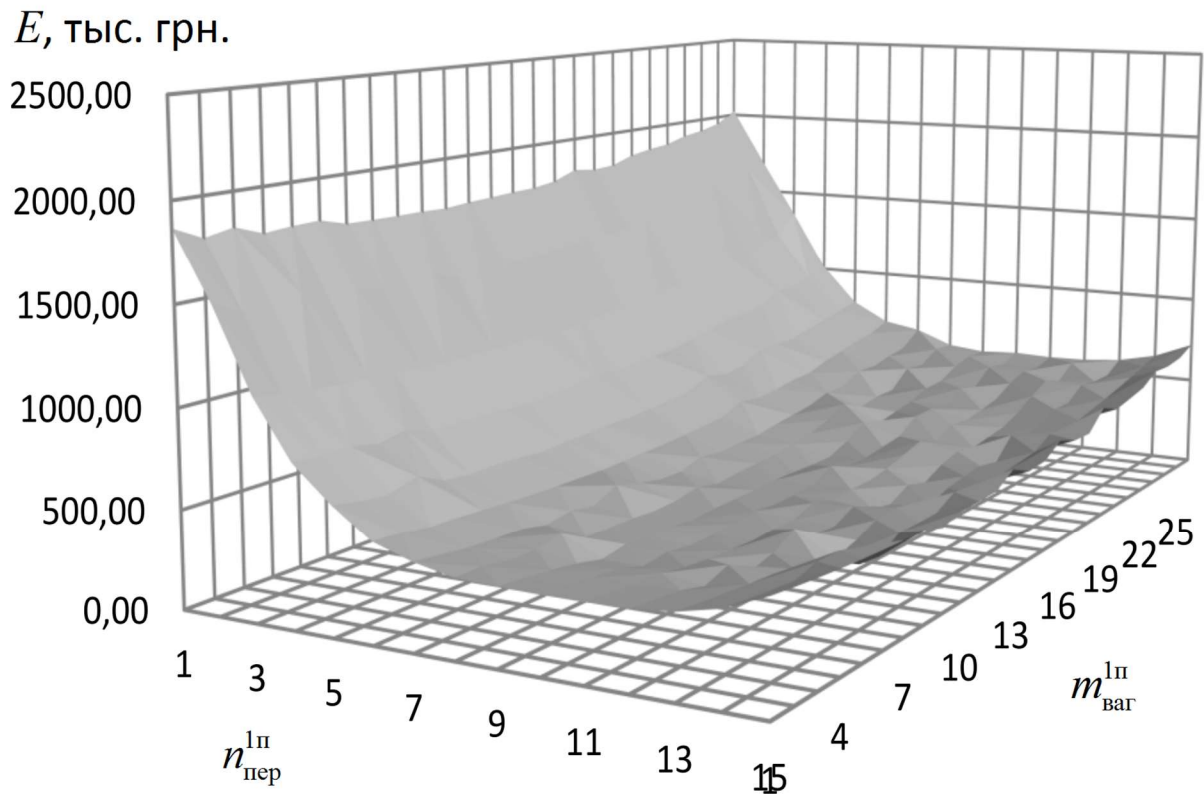


Рис. 4.8 – Зависимость эксплуатационных расходов на обработку вагонов в транспортной подсистеме СС-ГС-РП от числа и величины подач вагонов на грузовые фронты при $n_{\text{пер}}^{\text{In}} = 4$, $m_{\text{ваг}}^{\text{In}} = \{18; 24; 17; 29\}$ вагонов

Таким образом, результатами моделирования доказано существование минимума целевой функции эксплуатационных затрат на обработку вагонопотоков в транспортной подсистеме СС-ГС-РП, что позволяет сформировать процедуру оптимального управления конструктивно-технологическими параметрами процесса обработки вагонов на железнодорожных станциях припортового узла назначением на грузовые фронта.

Сформированный комплекс оптимизационных моделей является универсальным и обеспечивает выполнение заданных объёмов обработки вагонов на станциях припортового узла с минимальными затратами времени и материальных ресурсов на заданный период планирования.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА МАНЕВРОВОГО ДИСПЕТЧЕРА

5.1 Рекомендации по усовершенствованию автоматизированного рабочего места маневрового диспетчера

В основу информационного взаимодействия сортировочной станции с припортовыми следует положить электронный документооборот натурального листа и электронной накладной, которые являются основой для сортировки и распределения вагонопотоков на указанных станциях. Это позволит при сортировке вагонов подбирать подачи из вагонов не только в порт, но и под отдельный причал и даже судно.

В одном информационном пространстве необходимо задействовать сортировочные и припортовые станции. Это значительно повысит пропускную способность припортовых станций и увеличит объёмы обработки экспортных вагонов в портах. Такой единой информационной средой могут стать автоматизированные рабочие места маневрового диспетчера сортировочной станции и диспетчера железнодорожной службы порта припортовой станции, созданные на основе электронного документооборота между ними с базой, сочетающей в себе информацию о состоянии обработки каждого экспортного вагона и информацию о причале или грузовом фронте, на который следует вагон.

Для того, чтобы помочь оперативным работникам станций припортового узла в управлении на уровне планирования местной работы рекомендуется усовершенствовать автоматизированные места указанных работников за счёт интеграции в них системы поддержки и принятия решений (СППР), используемой модели и алгоритмы, которые рассмотрены в предыдущих разделах.

Для эффективной работы СППР необходимо предоставление оперативного доступа к единой автоматизированной системе управления

грузовыми перевозками АСК ВП УЗ-Е) и международной системы стандартов электронного обмена данными UN/EDIFACT с целью обработки полученной информации для проведения расчётов рациональных конструктивно-технологических параметров по формированию составов передаточных поездов в адрес припортовых станций. Предоставление необходимой информации должно происходить по запросу маневрового диспетчера опорной сортировочной станции, обработанное в автоматизированной системе и быть оформлено в виде готового решения по плану местной работы на станции на ближайший период работы.

Структура СППР должна состоять из последовательности функциональных блоков, которым соответствует определённый набор операций, определяющих процесс автоматизированного расчёта текущих рациональных конструктивно-технологических параметров обработки вагонов в припортовом узле назначением на грузовые фронты. Информационная взаимосвязь задач, реализуемых в процессе их решения в масштабе реального времени, отображена на схеме структуры функциональных блоков в составе информационно-планирующей системы, приведенной на рис. 5.1.

Таким образом, интеграция предлагаемой СППР в АРМ ДСЦ опорной сортировочной станции обеспечивает координацию работы станций припортового узла и морского порта в режиме реального времени путём расчёта конструктивно-технологических параметров процесса обработки вагонов в припортовом узле назначением на грузовые фронты с учётом информации как со стороны железной дороги, так и со стороны морского порта, что удовлетворяет интересам каждого участника перевозочного процесса.

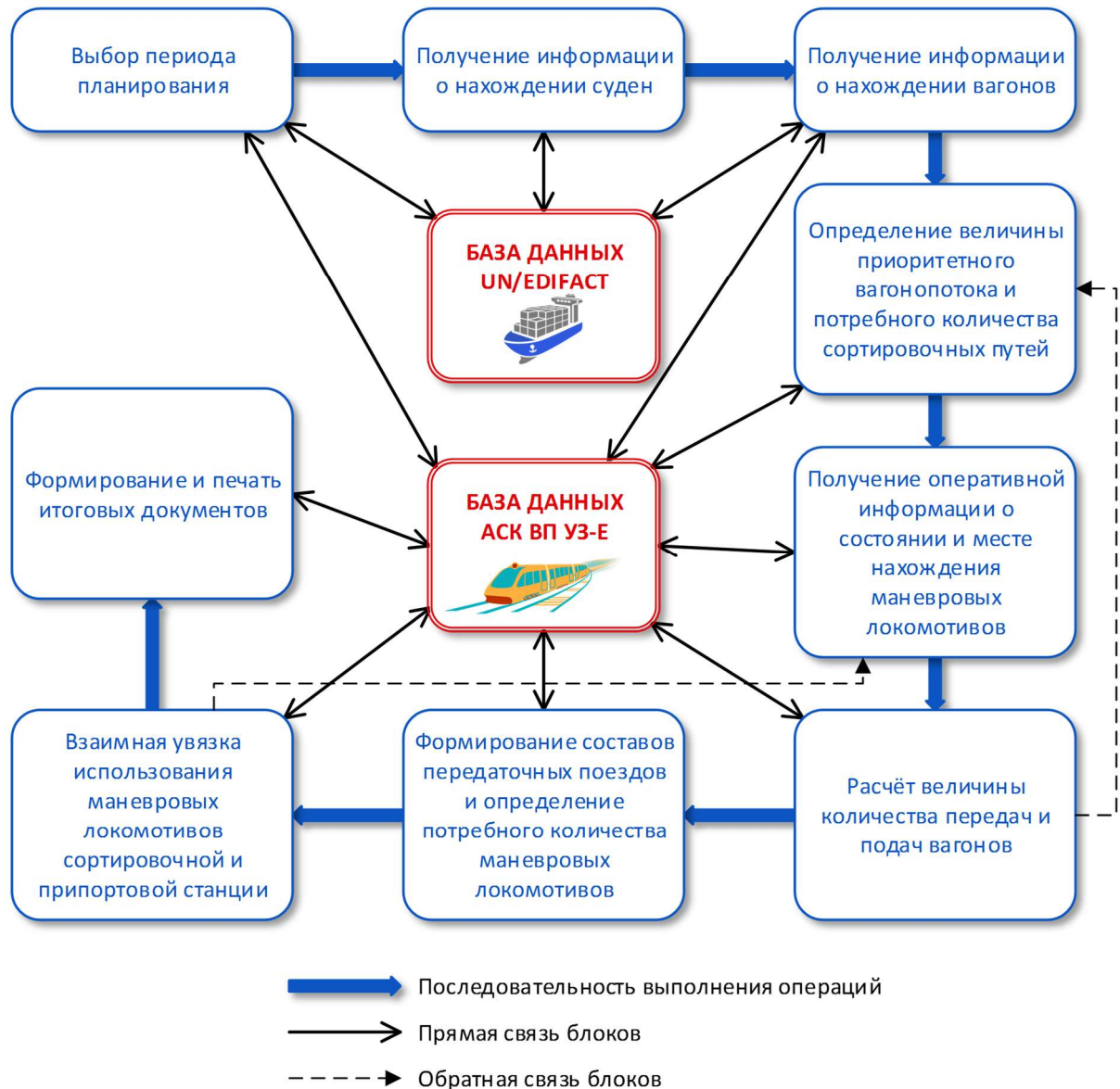


Рис. 5.1 – Схема функционирования СППР по формированию составов передаточных поездов

Одним из преимуществ такого режима взаимодействия работы объектов железнодорожного и морского видов транспорта является обеспечение своевременности подачи вагонов на грузовые фронты морских портов в заданных объёмах без необходимости согласования этого процесса оперативными работниками соответствующих служб течение смены. К тому же, применение предлагаемой СППР даст возможность прогнозирования времени доставки груза с железной дороги до пунктов стыковки, что будет способствовать возможности уточнения времени начала выполнения грузовых операций, а также более точного и детального информирования клиентов о

пребывании груза в процессе доставки по железной дороге благодаря планированию обслуживания в оперативном режиме.

5.2 Экономическое обоснование эффективности использования технологии обработки вагонопотоков в транспортной подсистеме с учётом их приоритетности

С целью обоснования экономической эффективности от внедрения разработанной в работе технологии обработки вагонопотоков в транспортной подсистеме, обслуживающей морские порты, выполнено сравнение двух вариантов обработки вагонов. Первый вариант основывается на действующей технологии работы станций припортового узла, второй вариант – на основе применения приоритетности обработки вагонов назначением в морские порты с применением автоматизированного рабочего места маневрового диспетчера сортировочной станции. Экономическая эффективность достигается за счёт уменьшения продолжительности простоев вагонов в транспортной подсистеме, что позволит сократить эксплуатационные расходы на их обработку [43].

В соответствии с данными исследования показателей работы транспортной подсистемы, состоящей из сортировочной станции Одесса-Сортировочная и припортовой грузовой станции Одесса-Порт Одесского морского торгового порта, установлено что объём вагонопотоков для приоритетной обработки составляет 562 вагона из общего вагонопотока, поступающего в подсистему.

При внедрении предложенной технологии обработки вагонопотоков предусматриваются капитальные и эксплуатационные расходы, исходные данные для расчёта которых приведены в табл. 5.1.

Для предоставления прогнозной оценки объёмов поступления вагонов в транспортную подсистему СС-ГС-РП на следующие пять лет применён метод экстраполяции на основе скользящей средней, предусматривающий

сглаживания фактических значений временного ряда объёмов переработки за предыдущие пять лет (табл. 5.2).

Таблица 5.1 – Исходные данные для технико-экономической оценки технологии обработки вагонов в припортовом узле

Показатель	Величина
Простой вагонов в припортовом узле при действующей технологии, ч	59,2
Простой вагонов в припортовом узле при усовершенствованной технологии, ч	55,05
Удельные затраты на 1 ваг-ч простоя вагона на станции, грн	20,59
Средний состав грузового поезда формированием в адрес припортовой станции, ваг.	36
Удельные расходы на 1 ч работы маневрового тепловоза, грн	681,76
Единовременные расходы на работу по усовершенствованию АРМ ДСЦ, грн	300 000,00
Расчётный первый год осуществления проекта	2020
Жизненный цикл проекта, лет	5
Учётная ставка коммерческих банков по вкладам, %	18
Ожидаемый уровень инфляции, %	7
Ставка, учитывающая степень риска осуществления проекта, %	3

Таблица 5.2 – Фактические значения поступления вагонов в транспортную подсистему

Годы	2015	2016	2017	2018	2019
Размер вагонопотоков, ваг/сут	576	602	643	661	698

Для получения сглаженного временного ряда используют принцип усреднения фактических значений на основе скользящей средней, которое предусматривает последовательную разбивку фактических значений временного ряда на отдельные группы и определения средних значений для каждой группы. Для каждой средней точки группы определяется сглажено значение как средняя арифметическая величина.

Выполним сглаживания статистических данных на основе определения скользящей средней. Такой метод осуществляется последовательным

перемещением вдоль точек фактического ряда с последовательным смещением на одну точку.

Для определения среднего (сглаженного) значения правой крайней точки фактического временного ряда используется формула

$$\bar{y}_{+1} = \frac{5y_{+1} + 2y_0 - y_{-1}}{6}, \quad (5.1)$$

где \bar{y}_{+1} – сглажено значение правой крайней точки фактического ряда;

y_{-1}, y_0, y_{+1} – значение последних трёх точек фактического ряда.

По результатам расчётов сглаженных и прогнозируемых значений точек временного ряда построен график (рис. 5.2), из которого видно, что функция распределения прогнозируемых данных соответствует линейной функции вида $y = ax + b$, где x – номер расчётного года, a и b – эмпирические коэффициенты.

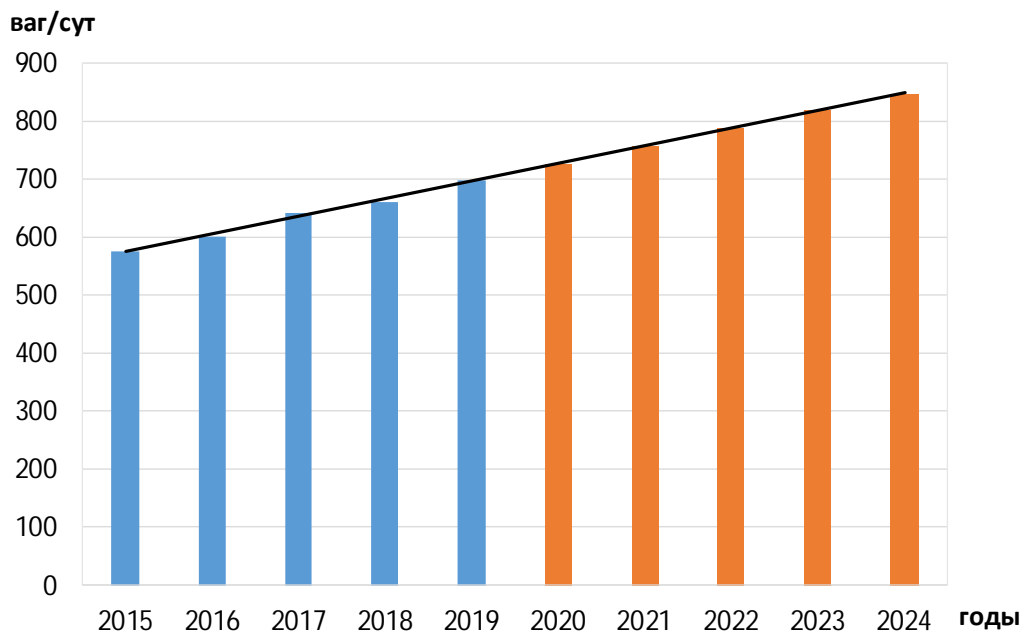


Рис. 5.2 – График сглаженных значений и линия тренда временного ряда объёмов поступления вагонов в транспортную подсистему

Методом регрессионного анализа, используемого в пакете *Microsoft Excel* получены значения коэффициентов a и b . Таким образом,

функциональная зависимость объёмов поступления вагонов в транспортную подсистему имеет вид $y = 30,3x + 545,1$.

Прогнозируемые значения объёмов поступления вагонов в транспортную подсистему на следующие пять лет составляют:

$$y_{2020} = 30,3 \cdot 6 + 545,1 \approx 727 \text{ ваг./сут.};$$

$$y_{2021} = 30,3 \cdot 7 + 545,1 \approx 757 \text{ ваг./сут.};$$

$$y_{2022} = 30,3 \cdot 8 + 545,1 \approx 788 \text{ ваг./сут.};$$

$$y_{2023} = 30,3 \cdot 9 + 545,1 \approx 818 \text{ ваг./сут.};$$

$$y_{2024} = 30,3 \cdot 10 + 545,1 \approx 848 \text{ ваг./сут.}$$

Целесообразность внедрения предложенной технологии обработки вагонопотоков в транспортной подсистеме определяется показателем экономического эффекта за расчётный период и срок окупаемости инвестиционных вложений. Экономическая эффективность внедрения технологии оценивается путём сопоставления ожидаемого эффекта и совокупных затрат на реализацию проекта [44].

Единовременные затраты проекта состоят из стоимости разработки и внедрения программного обеспечения для АРМ ДСЦ сортировочной станции в припортовом узле, подготовку его к эксплуатации и составляют 300 тыс. грн.

Применение предложенной технологии предполагает изменение эксплуатационных расходов в зависимости от величины простоя вагонов на станциях и объёмов манёвровых работ

$$E = E_{\text{пр}} + E_{\text{ман}}, \quad (5.2)$$

где $E_{\text{пр}}$ – эксплуатационные расходы связанные с простоем вагонов на станциях, грн;

$E_{\text{ман}}$ – эксплуатационные расходы, связанные с выполнением маневровых работ, грн.

$$E_{\text{пр}} = \sum Nt_{\text{пр}} \cdot e_{\text{пр}}, \quad (5.3)$$

где $\sum Nt_{\text{пр}}$ – суммарные вагоно-часы простоя на станциях подсистемы;
 $e_{\text{пр}}$ – стоимость 1 часа простоя вагонов, грн/ч.

$$E_{\text{ман}} = \frac{\sum Nt_{\text{ман}} \cdot e_{\text{ман}}}{m}, \quad (5.4)$$

где $\sum Nt_{\text{ман}}$ – суммарные вагоно-часы маневровой работы по обработке вагонов в транспортной подсистеме;

m – средний состав грузового поезда формированием в адрес припортовой станции, ваг.;

$e_{\text{ман}}$ – стоимость работы 1 часа маневрового локомотива, грн/час.

За расчётный год принят первый год жизненного цикла мероприятия. Для оценки экономической эффективности используются показатели прироста совокупного экономического эффекта за жизненный цикл мероприятия. Прирост экономического эффекта определяется в соответствии с условиями применения предложенной технологии за расчётный период.

Совокупный экономический эффект определяется как сумма годовых экономических эффектов за расчётный период с учётом фактора времени (дисконтированием денежных потоков) согласно [45]:

$$E_t = \sum_{t=1}^n E_t \cdot \alpha_t = \sum_{t=1}^n (Z_{t1} - Z_{t2}) \cdot \alpha_t, \quad (5.5)$$

где E_t – экономический эффект от проекта за расчётный период, грн;

Z_{t1}, Z_{t2} – стоимостная оценка расходов в предыдущем и следующем году соответственно, грн;

α_t – коэффициент приведения результатов и расходов к расчётному году.

Определение экономического эффекта производится при условии приведения стоимостных оценок результатов и расходов разных лет к единому для всех вариантов реализации проекта моменту времени – расчётному году

t_p . Приведение осуществляется умножением их стоимостной оценки каждый год на коэффициент приведения α_t , что соответствует данному году.

Поскольку результаты и расходы ежегодно приводятся к первому году жизненного цикла проекта, то есть определяются в настоящей стоимости денег (дисконтированием), то коэффициент приведения α_t определяется по формуле [46]

$$\alpha_t = \frac{1}{[(1+e) \cdot (1+I+R)]^{t_k-t_p}}, \quad (5.6)$$

где e – годовая ставка коммерческих банков по депозитным вкладам;

I – средний годовой уровень инфляции;

R – степень риска осуществления проекта;

t_p – порядковый номер расчётного года;

t_k – порядковый номер года, денежные потоки которого приводятся к расчётному году.

Таким образом, коэффициенты приведения результатов и расходов для каждого года составят

$$\alpha_1 = \frac{1}{[(1+0,18) \cdot (1+0,07+0,03)]^{1-1}} = 1,00;$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{[(1+0,18) \cdot (1+0,07+0,03)]^{2-1}} = 0,770;$$

$$\alpha_3 = \frac{1}{[(1+0,18) \cdot (1+0,07+0,03)]^{3-1}} = 0,593;$$

$$\alpha_4 = \frac{1}{[(1+0,18) \cdot (1+0,07+0,03)]^{4-1}} = 0,457;$$

$$\alpha_5 = \frac{1}{[(1+0,18) \cdot (1+0,07+0,03)]^{5-1}} = 0,352.$$

С учётом прогнозной оценки объёмов вагонопотоков в адрес припортовой станции определён возможный экономический эффект от

внедрения предложенной технологии обработки вагонов в подсистеме СС-ГС-РП. Результаты расчётов приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3 – Расчёт экономического эффекта от внедрения усовершенствованной технологии обработки вагонов в Одесском припортовом узле

Показатели	Годы расчётного периода				
	2020	2021	2022	2023	2024
1. Прогнозируемое суточное количество вагонов	727	757	788	818	848
Расходы, связанные с обработкой вагонопотоков по существующей технологии					
2. Расходы, связанные с простоем вагонов в год, тыс. грн	323448,6	336795,9	350588,1	363935,3	377282,6
3. Текущие расходы на работу маневровых тепловозов по расформированию составов, тыс. грн	250,6	260,9	271,6	281,9	292,3
4. Всего расходов текущих и удельных за год, тыс. грн	323699,2	337056,8	350859,7	364217,3	377574,9
Расходы, связанные с обработкой вагонопотоков при внедрении усовершенствованной технологии					
5. Единовременные расходы, тыс. грн	300	–	–	–	–
6. Остаточная стоимость, тыс. грн	–	–	–	–	24
7. Расходы, связанные с простоем вагонов в год, тыс. грн	300807,2	313220,2	326046,9	338459,9	350872,8
8. Текущие затраты на работу маневровых тепловозов по расформированию составов, тыс. грн	298,1822	310,4869	323,2017	335,5063	347,8109
9. Всего расходов текущих и удельных за год, тыс. грн	301105,4	313530,7	326370,1	338795,4	351220,6
10. Всего расходов за год после внедрения технологии, тыс. грн	301405,4	313530,7	326370,1	338795,4	351244,6
11. Экономический эффект от внедрения технологии, тыс. грн	22293,8	23526,14	24489,56	25421,91	26330,25
12. Коэффициент приведения	1,000	0,770	0,593	0,457	0,352
13. Экономический эффект с учётом коэффициента приведения, тыс. грн	22293,8	18124,91	14535,56	11624,76	9275,903
14. Экономический эффект нарастающим итогом, тыс. грн	22293,8	40418,71	54954,27	66579,03	75854,93

Как видно из табл. 5.3, срок окупаемости единовременных расходов на усовершенствование АРМ ДСЦ начинается с первого года внедрения технологии обработки вагонов.

Экономическое обоснование предложенных мероприятий показывает, что при внедрении приоритетной технологии обработки вагонопотоков в транспортной подсистеме СС-ГС-РП на основе автоматизации рабочего места маневрового диспетчера сортировочной станции Одесса-Сортировочная Одесского припортового узла, экономическая эффективность с нарастающим итогом за период 2020-2024 годы составит около 75,9 млн. грн.

ВЫВОДЫ

1. Несмотря на общую тенденцию уменьшения объёмов грузовых перевозок по железной дороге, анализ динамики объёма экспортных вагонопотоков за период с 2014 по 2019 годы свидетельствует о росте их объёмов на 2-2,5 % ежегодно. В этой связи на железных дорогах резко увеличились объёмы сортировочной и маневровой работы по сборке и расстановке вагонов на многочисленным фронтам. Перерабатывающая способность припортовых станций значительно ниже перерабатывающей способности самих портов. Выявлено несоответствия в техническом оснащении большинства припортовых станций характеру и объёмам переработки вагонов. Основными причинами несоответствия являются размеры и структура вагонопотоков, устаревшая технология обслуживания грузовых фронтов порта, отсутствие специализации сортировочных путей припортовых станций, нерациональное использование маневровых локомотивов и инфраструктуры припортовых станций.

2. Сформулирован комплекс взаимосвязанных оптимизационных моделей, решающих задачи определения рационального числа маневровых локомотивов для выполнения на опорной сортировочной станции технологических операций по формированию групп вагонов назначением на грузовые фронты, числа и величины передач, а также подач вагонов в адрес порта, учитывающих текущие условия функционирования станций припортового узла на период оперативного планирования их работы, что повышает точность результатов моделирования.

3. Для определения величины вагонопотоков для обработки с приоритетной технологии представлена процедура выделения вагонов из общего вагонопотока, которая даёт возможность учитывать такие параметры транспортной подсистемы, как количество причалов порта, количество грузовых фронтов на причалах, перерабатывающую способность припортовой станции, количество путей сортировочного парка на СС, имеет определяющее значение при формировании подач вагонов на СС.

4. С целью реализации приоритетной технологии обработки вагонов в транспортной подсистеме СС-ГС-РП представлен усовершенствованный метод расчёта числа путей в сортировочном парке, который позволяет учесть параметры распределения продолжительности накопления вагонов каждого назначения на состав передаточного поезда и величины состава передаточного поезда в адрес грузовой станции, что способствует уменьшению непроизводительных простоев вагонов на станциях припортового узла.

5. Экономическое обоснование целесообразности внедрения усовершенствованной технологии обработки вагонопотоков в транспортной подсистеме СС-ГС-РП в виде системы поддержки и принятия решений, интегрированной в АРМ ДСЦ в Одесском железнодорожном узле показало, что использование данной технологии обработки вагонов позволит сократить время простоя вагонов на станциях припортового узла на 13 % и получить в течение пяти лет экономический эффект с нарастающим итогом в размере 75,9 млн. грн.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Официальный сайт Access to European Union Law. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31996D1692:EN:HTML>
2. This-is-TEN-T // Journal of Nordregio № 2, 2008. URL: <http://www.nordregio.se/en/Metameny/About-Nordregio/Journal-of-Nordregio/2008/Journal-of-Nordregio-no-2-2008/This-is-TEN-T/>
3. Официальный сайт Enterprise Europe Network. URL: <http://ec.europa.eu/inea/>
4. Официальный сайт Armenpress news agency. URL: <https://armenpress.am/eng/news/886549/armenia%E2%80%99s-fm-attends-eastern-partnership-and-visegrad-four-foreign-ministers%E2%80%99-meeting.html>
5. Infrastructure TEN-T – Connecting Europe. Corridors. URL: https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/corridors_en
6. Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network and repealing Decision No 661/2010/EU Text with EEA relevance. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32013R1315>
7. Infrastructure TEN-T – Connecting Europe. Maps. URL: https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/maps_en
8. ERTMS has two basic components. URL: http://www.ertms.net/?page_id=40
9. ЕС включил Украину в транспортную сеть TEN-T. URL: <https://logist.fm/news/es-vklyuchil-ukrainu-v-transportnuyu-set-ten-t>
10. Гребеник, К. Итоги-2016: Транспорт не заметил реформ. С какими результатами транспортная отрасль заканчивает уходящий год. URL: <http://forbes.net.ua/nation/1426167-itogi-2016-transport-ne-zametil-reform#3>

11. Як нищили транзитний потенціал. URL: http://www.ac-rada.gov.ua/control/main/uk/publish/printable_article/16733143;jsessionid=AD837F6EB5F8FA115039CFD70547BBE5
12. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України. Східне партнерство. URL: <http://mtu.gov.ua/content/shidne-partnerstvo.html>
13. Официальный сайт Enterprise Europe Network. URL: https://ec.europa.eu/neighbourhood-enlargement/neighbourhood/countries/ukraine_en
14. Официальный сайт Enterprise Europe Network. Supportpackage for Ukraine. URL: http://ec.europa.eu/archives/commission_2010-2014/president/news/archives/2014/03/pdf/20140306-ukraine-package_en.pdf
15. Официальный сайт Enterprise Europe Network. What is Horizon 2020? URL: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020>
16. Липец, Ю. Г., Пуляркин, В. А., Шлихтер, С. Б. География мирового хозяйства: учеб. пособие. Москва – 1999. – 400 с.
17. Публікація документів Державної Служби Статистики України. Держстат України, 1998-2019. URL: <http://ukrstat.org>
18. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р / Кабінет Міністрів України. Офіційний вісник України. 2018. № 52. С. 533. Ст. 1848. Код акта 90720/2018.
19. Про погодження стратегії АТ «Українська залізниця» на 2019-2023 р.р.: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 12 червня 2019 р. № 591-р / Кабінет Міністрів України. Урядовий кур'єр. 15.08.2019 р. № 155. Инд. 21. Код акту 117850/2019.
20. Про затвердження Концепції створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні : Постанова Кабінету Міністрів України від 25 серпня 2004 р. / Кабінет Міністрів України. № 1118-п. Офіційний вісник України. 2004. № 34. С. 99. Ст. 2280. Код акту 29903/2004.

21. Про затвердження Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11 липня 2013 р. №548-р. / Кабінет Міністрів України. Офіційний вісник України. 2013. № 61. С. 608. Ст. 2194. Код акту 68232/2013.
22. Бройтман, Э. З. Железнодорожные станции и узлы: учебник для техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. Москва, 2004. 372 с.
23. Ветухов, Е. А., Аветикян, М. А. Комплексные методы сокращения простоя вагонов. Москва, 1986. 206 с.
24. Акулиничев, В. М., Бодюл, В. И., Казюлин, Г. Е. Определение межоперационных простоев вагонов на сортировочных станциях. Науч. труды МИИТ. 1974. Вып. 379. С. 3-73.
25. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. Москва, 1985. 512 с.
26. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. Пер. с англ. / под ред. А.А. Фридмана. Москва, 1974. 419 с.
27. Дерябин Р. В. Производственная деятельность морского порта: учеб. для морских вузов. Москва, 1988. 224 с.
28. Ляхницкий В. Е. Проектирование портов. Ленинград, 1956. 471 с.
29. Грунтов П. С. Расчет путевого развития сортировочных станций: учеб. пособие. Гомель, 1975. 40 с.
30. Козаченко Д. М., Березовий М. І., Коробйова Р. Г. Оптимізація розподілу сортувальних колій між призначеннями плану формування // Проблеми економіки транспорту: VII міжнар. наук. конф., (Дніпропетровськ, 24-25 квітня 2008 р.). Дніпропетровськ. 2008. С. 33.
31. Березовий М. І. Определение эксплуатационных расходов при усовершенствовании специализации сортировочных путей // Транспортні системи та технології перевезень. Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. Академика В. Лазаряна. Днепропетровск. 2011. Вип.1. С.5-8.

32. Железнодорожные станции и узлы: учебник / под ред. В. И. Апатцева и Ю. И. Ефименко. Москва, 2014. 855 с.
33. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування: ГБН В.2.3- 37472062-1:2012 : затв. Міністерством інфраструктури України.
34. Архангельский Е. В., Алаев М. М., Сухопяткин А. Н. Определение мощности путевого развития и времени нахождения вагонов на станциях: учеб. пособие. Москва: РГОТУПС, 1999. 78 с.
35. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. Москва, 1971. 576 с.
36. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике. АСТ: Астрель, 2006. 992 с.
37. Murata T. State equations, Controllability and Maximal Matching of Petri Nets. IEEE Trans. On Autom. Control. 1977. Vol. 3. P. 412-416.
38. Рыжиков Ю. И. Имитационное моделирование. Теория и технология. СПб, 2004. 384 с.
39. Шелехань Г. І., Продащук М. В Удосконалення процесу взаємодії сортувальної та припортової станцій при обслуговуванні експортних вагонопотоків // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. Вип. 168. 2017. С. 10-18.
40. Литвиненко, А. Е. Метод направленного перебора в системах управления и диагностирования: монография. Киев, 2007. 328 с.
41. Математичні методи та моделі в розрахунках на ЕОМ: навч. посібник / під заг. ред. М.І. Данька. Харків, 2008. 172 с.
42. Сергиенко И.В., Лебедева Т.Т., Роцин В.А. Приближенные методы решения дискретных задач оптимизации. Киев, 1980. 276 с.
43. Балака Є. І., Зоріна О. І., Колеснікова І. М., Писаревський І. М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: навч. посіб. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.

44. Гальчинський А. С. та ін. Основи економічних знань: навч. посіб. 2-ге вид., перероб. і допов. Київ, 2002. 544 с.
45. Ілляшенко С. Управління інноваційним розвитком: проблеми, концепції, методи. Суми, Київ, 2005. 324 с.
46. Гойко А. Методи оцінки ефективності інвестицій та пріоритетні напрями їх реалізації: монографія. Київ, 1999. 320 с.

СПИСОК РИСУНКОВ

Рис. 1.1 – Базовая сеть мультимодальных коридоров *TEN-T*

Рис. 1.2 – Выход мультимодальных коридоров *TEN-T* на границу Украины

Рис. 2.1 – Износ технических средств железнодорожного транспорта, в процентах

Рис. 2.2 – Простой местных вагонов на припортовых станциях Украины в 2019 году

Рис. 2.3 – Перевалка через морские порты Украины в 2019 году по роду грузов, в процентах

Рис. 2.4 – Объёмы перевалки грузов через морские порты Украины

Рис. 2.5 – Диаграмма Ганта среднесуточных простоев вагонов с переработкой: *a* – на сортировочной станции; *b* – на припортовой грузовой станции

Рис. 2.6 – Диаграмма Исикава причин снижения перерабатывающей способности припортовых станций

Рис. 4.1 – Обобщённая процедура определения величины вагонопотока с обработкой по приоритетной технологии

Рис. 4.2 – Распределение количества вагонов в составе передаточных поездов в адрес припортовой станции, сформированных на сортировочной станции

Рис. 4.3 – Распределение продолжительности накопления вагонов на путях сортировочного парка сортировочной станции

Рис. 4.4 – Фрагмент имитационной модели работы сортировочной станции припортового узла в сетях Петри (второй и третий пучок сортировочного парка)

Рис. 4.5 – Фрагмент имитационной модели работы грузовой станции припортового узла в сетях Петри (расформирование составов)

Рис. 4.6 – Зависимость уровня загруженности маневровых локомотивов в подсистеме формирования сортировочной станции от их количества

Рис. 4.7 – Зависимость производительности маневровых локомотивов в подсистеме формирования сортировочной станции от их числа

Рис. 4.8 – Зависимость эксплуатационных расходов на обработку вагонов в транспортной подсистеме СС-ГС-РП от числа и величины подач вагонов на грузовые фронты при $n_{\text{пер}}^{\text{лп}} = 4$, $m_{\text{ваг}}^{\text{лп}} = \{18; 24; 17; 29\}$ вагонов

Рис. 5.1 – Схема функционирования СППР по формированию составов передаточных поездов

Рис. 5.2 – График сглаженных значений и линия тренда временного ряда объёмов поступления вагонов в транспортную подсистему

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1.1 – Сводная таблица основных нормативно-правовых документов ЕС, регулирующих деятельность и развитие *TEN-T*

Таблица 2.1 – Характеристика морских портов и припортовых

Таблица 5.1 – Исходные данные для технико-экономической оценки технологии обработки вагонов в припортовом узле

Таблица 5.2 – Фактические значения поступления вагонов в транспортную подсистему

Таблица 5.3 – Расчёт экономического эффекта от внедрения усовершенствованной технологии обработки вагонов в Одесском припортовом узле

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена вопросу повышения эффективности международных перевозок за счёт совершенствования технологических процессов обработки вагонопотоков, следующих в направлении морских портов.

Выполненный анализ условий функционирования транспортной подсистемы «Сортировочная станция – Припортовая грузовая станция – Районные парки порта» припортовых железнодорожных узлов выявил причины снижения эффективности обработки в ней местных вагонопотоков.

В работе рассмотрена приоритетная технология обслуживания вагонопотоков назначением в морские порты на основе распределения сортировочной работы между станциями припортового узла, а также сформирована математическая модель по определению числа и величины передач вагонов в адрес порта по приоритетной технологии.

Рассмотренные модели и алгоритмы предложено интегрировать в виде системы поддержки и принятия решения в автоматизированное рабочее место маневрового диспетчера сортировочной станции с целью повышения эффективности функционирования транспортной подсистемы.

Ключевые слова: припортовый грузовые станции, передаточные поезда, морские порты, приоритетная обработка вагонов, путевое развитие сортировочного парка.

SUMMARY

The diploma work is devoted to the issue of increasing the efficiency of international transportation by improving the technological processes of processing car flows, following in the direction of seaports.

The performed analysis of the operating conditions of the transport subsystem "Sorting station – Port cargo station – Regional parks of the port" of port railway junctions revealed the reasons for the decrease in the efficiency of processing local car flows in it.

The paper considers the priority technology of servicing car flows by assignment to seaports based on the distribution of sorting work between the stations of the port hub, and also a mathematical model is formed to determine the number and amount of transfers of cars to the port by priority technology.

The considered models and algorithms are proposed to be integrated in the form of a support and decision-making system into an automated workstation of the shunting dispatcher of a marshalling yard in order to improve the efficiency of the transport subsystem.

Key words: port cargo stations, transfer trains, seaports, priority handling of wagons, track development of the sorting yard.