

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

НАЦИОНАЛЬНАЯ ШКОЛА МАСТЕРСТВА И ПРОФЕССИЙ
CNAM, 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 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК
ГРУЗОВ В СМЕШАННОМ СООБЩЕНИИ

Выполнил:

_____ Смоленский Валентин Андреевич
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Руководитель:

к.т.н., доцент _____ Сковрон И. Я.
(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
CNAM, ФРАНЦИЯ

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой:

К.Т.Н., доцент Березовый Н.И.
(уч. звание, степень) (подпись) (ФИО)

« » 2020 г.

ЗАДАНИЕ
НА ДИПЛОМНУЮ МАГИСТЕРСКУЮ РАБОТУ

Смоленский Валентин Андреевич

(ФИО)

1. Тема работы Совершенствование международных перевозок грузов
в смешанном сообщении

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 паромной линии, схема и технологический
процесс работы паромного комплекса

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Название раздела	Объем %	Количество слайдов
1. Современные направления совершенствования береговых паромных комплексов	25	-
2. Техничко-эксплуатационная характеристика международной паромной переправы	15	5
3. Анализ функционирования международной паромной переправы	10	3
4. Оптимизация каргоплана погрузки парома	30	4
5. Определение рациональных параметров берегового паромного комплекса	20	2
	100	14

Студент _____ / Смоленский В. А./

Научный руководитель _____ / Сковрон И. Я./

СОДЕРЖАНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БЕРЕГОВЫХ ПАРОМНЫХ КОМПЛЕКСОВ	7
1.1 Классификация морских паромных переправ и их устройств	7
1.2 Железнодорожные паромные переправы мира	9
1.3 Комплекс железнодорожных устройств паромных переправ	16
1.4 Моделирование работы паромных переправ и комплекса их железнодорожных устройств.....	20
1.5 Постановка задачи исследования	27
2 ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЖДУНАРОДНОЙ ПАРОМНОЙ ПЕРЕПРАВЫ.....	29
2.1 Береговой паромный комплекс Ч.....	29
2.2 Береговой паромный комплекс В.....	43
2.3 Паромы и условия их плавания	48
2.4 Выводы по второму разделу	51
3 АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПАРОМНОЙ ПЕРЕПРАВЫ.....	52
3.1 Анализ показателей функционирования паромной переправы	52
3.2 Правовое регулирование международных перевозок в прямом железнодорожно-паромном сообщении	55
3.3 Обеспечение интероперабельности железнодорожных систем.....	60
3.4 Пути и основные проблемы дальнейшего развития паромных сообщений.....	67
3.5 Выводы по третьему разделу	69

					ДНУЖТ – 8.18010025				
Содер.	Лист	№ докум	Подп	Дата					
Выполнил		Смоленский			Совершенствование международных перевозок грузов в смешанном сообщении		Стадия	Лист	Листов
Осн. руков.		Сковрон					МР	3	133
Консульт.							Кафедра «Транспортные узлы»		
Н. Контр.		Березовый							
Зав. каф		Березовый							

4 ОПТИМИЗАЦИЯ КАРГОПЛАНА ПОГРУЗКИ ПАРОМА	71
4.1 Постановка задачи	71
4.2 Методика решения	73
4.3 Моделирование множества допустимых вариантов каргоплана	73
4.4 Расчет продолжительности формирования плетей	81
4.5 Анализ результатов оптимизации каргоплана паромов.....	89
4.6 Выводы по четвертому разделу	92
5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕРЕГОВОГО ПАРОМНОГО КОМПЛЕКСА	93
5.1 Общие положения	93
5.2 Технология штатного режима обработки паромов	97
5.3 Технология форсированного режима обработки паромов	102
5.4 Технология ресурсосберегающего режима обработки паромов.....	106
5.5 Повышение эффективности формирования плетей	107
5.6 Оценка эффективности форсированного режима обслуживания паромов.....	109
5.7 Выводы по пятому разделу	111
ВЫВОДЫ	113
БИБЛИОГРАФИЯ	116
СПИСОК РИСУНКОВ	121
СПИСОК ТАБЛИЦ	123
ПРИЛОЖЕНИЕ А ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	124
ПРИЛОЖЕНИЕ Б СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПАРОМНОГО КОМПЛЕКСА Ч	126
ПРИЛОЖЕНИЕ В РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПЛЕТЕЙ	128
АННОТАЦИЯ.....	133

СОКРАЩЕНИЯ

ERA – Европейское железнодорожное агентство

БДЖ-ЕАД – Болгарские государственные железные дороги

ЛНГ – логический номер группы

ЛНП – логический номер пути

МЖВС – Соглашение о международном прямом смешанном железнодорожно-водном грузовом сообщении

ППМ – подъемно-переходной мост

ППС – предпаромная станция

СМГС – Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении

ТСИ – технические спецификации интероперабельности

ТЭК – транспортно-экспедиционная контора

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях стратегической целью Украины является интеграция ее железных дорог в трансъевропейскую транспортную систему (TEN-T). Реализация данного задания основывается на использовании интероперабельных и интермодальных технологий в обеспечении стабильных грузовых железнодорожных перевозок в международном сообщении.

Залогом стремительного развития сети TEN-T в современных условиях, наряду с повсеместным обеспечением интероперабельности железнодорожных систем, является широкое внедрение принципа интерсоединяемости: с одной стороны, должно обеспечиваться техническое и эксплуатационное единообразие транспортных систем, а с другой – должна внедряться горизонтальная координация видов транспорта для получения интегрированных «от двери до двери» транспортных услуг. Ярким примером горизонтальной координации видов транспорта являются международные железнодорожные паромные перевозки.

В настоящее время в Украине функционируют международные паромные сообщения с Турцией, Болгарией, Грузией. Следует отметить, что ввиду ограничения РФ транзитных автомобильных перевозок по ее территории, доставка большого количества грузов из Украины в Казахстан выполняется также при участии паромной переправы Черноморск-Поти. Паромные переправы Украины, при условии высокого уровня организации их работы, имеют все предпосылки стать главным звеном в цепи транспортировки экспортно-импортных и транзитных грузов в рамках направлений «Восток-Запад», «Север-Юг».

Эффективность функционирования паромных сообщений напрямую зависит от уровня организации работы их пунктов транshipmenta – береговых паромных комплексов. Данная дипломная работа посвящена решению вопросов обеспечения интероперабельности железнодорожных систем береговых паромных комплексов Украины и Болгарии.

1 СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БЕРЕГОВЫХ ПАРОМНЫХ КОМПЛЕКСОВ

1.1 Классификация морских паромных переправ и их устройств

На данный момент в мировой практике четко не сформулированы определения паромных сообщений и паромов. Впервые данный вопрос был затронут в июле 1976 г. на Международной конференции по перевозкам на судах накатного типа [1]. Морские паромные переправы классифицируются в соответствии со следующими признаками [1, 2]:

- 1) По характеру перевозок:
 - международные;
 - каботажные.
- 2) По роду перевозок:
 - грузовые;
 - грузопассажирские.
- 3) По виду перевозимых транспортных средств:
 - автомобильные;
 - железнодорожные;
 - автомобильно-железнодорожные.
- 4) По долговечности службы:
 - постоянные;
 - временные.
- 5) По длительности работы в течение года:
 - круглогодичные;
 - сезонные.
- 6) По типу обслуживающих линию судов:
 - с судами традиционных типов;
 - с неводоизмещающими судами.
- 7) По протяженности маршрута:
 - короткие линии (до 100 км);

- линии средней протяженности (100 – 300 км);
 - дальние линии (300 км и более).
- 8) По типу и размещению подъемно-сопрягающих устройств:
- с паромными, располагающими подъемно-сопрягающими устройствами;
 - с береговыми подъемно-сопрягающими устройствами
 - с подъемно-сопрягающими устройствами и у паромов и у причалов.
- 9) По направлению накатки наземных транспортных средств (по отношению к оси парома):
- с продольной накаткой;
 - с поперечной накаткой.
- 10) По числу ярусов причалов:
- одноярусные;
 - многоярусные.

Паромы отнесены к судам накатного типа, поскольку большинство из них (паромов) предназначено для производства грузовых работ способом наката [1]. Однако не все перевозки на судах накатного типа можно отнести к паромным сообщениям. Немецкими специалистами предложена классификация судов накатного типа (см. рисунок 1.1), которая в настоящее время принята за основу. В частности, данная классификация предусматривает отнесение к числу паромов лишь тех судов накатного типа, которые располагают каютными местами для 12 и более пассажиров, оплачивающих свой проезд. К ним не относятся каютные места для лиц, сопровождающих грузы.

Помимо специализированных судов-паромов в состав паромной переправы входят комплексы береговых устройств в портах отправления и назначения. В зависимости от типа паромной переправы и её назначения такие береговые комплексы состоят из соответствующего набора специальных сооружений, зданий и устройств. Каждый береговой комплекс железнодорожной паромной переправы представляет собой транспортный узел, включающий морские и железнодорожные береговые устройства для обработки при-

бывающих паромов и вагонов. Объектом исследований в данной магистерской работе являются железнодорожные устройства береговых комплексов.

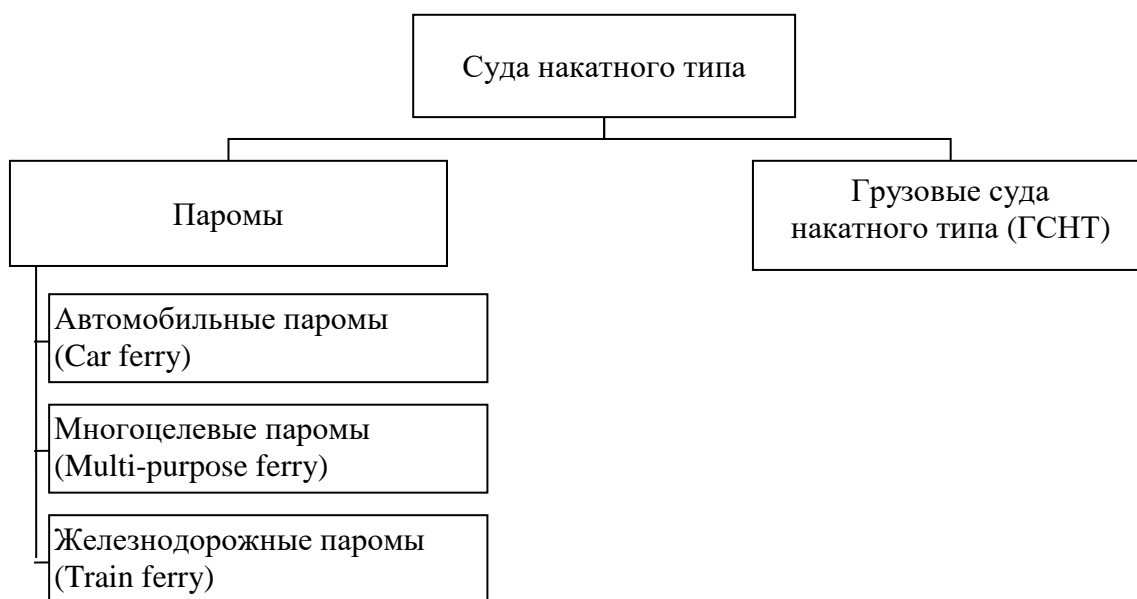


Рисунок 1.1 – Классификация судов накатного типа

1.2 Железнодорожные паромные переправы мира

Ввиду того, что передача грузов с одного вида транспорта на другой способом перевалки – сложный и трудоемкий процесс, при котором, объективно, не могут в достаточной мере гарантироваться такие качества транспортного обслуживания, как сроки доставки и сохранность груза в пути следования, в мировой практике приобрели актуальность бесперевалочные смешанные сообщения.

Бесперевалочные смешанные сообщения впервые возникли в сфере совместного использования железнодорожного и водного (морского) транспорта [2, 3]. Это потребовало создания специального судна-парома, приспособленного для перевозки железнодорожных вагонов.

Генезис международных железнодорожных паромных переправ был прослежен авторами [2, 3, 4, 5]. Первый в мире железнодорожный паром был введен в эксплуатацию в 1851 г. на линии между Грантоном и Бёрнтайлендом в заливе Фёрт-оф-Форт. Годом позже в Шотландии открылась вторая линия, соединившая пункты по заливу Фёрт-оф-Тей. В 1882 г. была открыта первая немецкая железнодорожная паромная линия на острове Рюген между

Штральзундом и Альтерфером. Эти паромные линии просуществовали недолго.

В 1883 г. открывается паромная переправа в Дании через пролив Большой Бельт, соединившая кратчайшим путем порты Нюборг и Корсёр, расположенные на соседних островах. Это первая паромная переправа из построенных в 19 веке, которая продолжает действовать и сегодня, спустя более 100 лет. Ее протяженность составляет 25 км.

В прошлом столетии были открыты еще 10 железнодорожно-паромных переправ, из них шесть – на внутренних линиях (в США, Канаде, Италии) и четыре – на международных (две между Швецией и Данией и две между Канадой и США). Последние две переправы действуют и сегодня. Международные паромные линии, соединявшие Швецию и Данию, были закрыты в 1986 г. в связи с недостаточной провозной способностью. Этому способствовала организация в 1986 г. железнодорожно-паромного сообщения между Швецией и ФРГ через Данию. С открытием паромных линий Хельсингборг (Швеция) – Копенгаген (Дания) и Редбю (Дания) – Путгарден (ФРГ) время доставки грузов из Швеции в ФРГ по сравнению с перевозкой в железно-дорожно-морском сообщении сократилось на 24 ч [3]. Отдельные характеристики существующих международных железнодорожных паромных переправ мира приведены в таблице 1.1

Более широкое распространение в мире железнодорожно-паромные сообщения получили в 20 веке. В основном они заменили смешанное железно-дорожно-морское сообщение. В пользу паромного сообщения говорило то, что железнодорожные паромные линии, как правило, короче трасс грузовых судов, простой паромных судов в портах меньше, чем грузовых.

На переправе Варнемюнде – Гесер перевозки осуществлялись речным судном, которое развивало скорость при пересечении Восточной Балтики 12 узлов. Длина железнодорожных путей, уложенных на пароме, составляла 78 м. В 1909 г. начались паромные перевозки между Германией и Швецией (Заснитц – Треллеборг).

Таблица 1.1 – Характеристики железнодорожных паромных переправ

Регион	Наименование паромной переправы	Водная преграда	Протяженность, км	Год открытия	Число паромов	Время движения, ч	Вид перевозки
1	2	3	4	5	6	7	8
Европа	Зебрюгге – Харидж (Бельгия – Великобритания)	Ла-Манш	154	1924	6	6,5	Г
	Дувр – Дюнкерк2 (Великобритания – Франция)		72	1936	4–6	3,75	
	Хиртехальдс – Кристиансанн (Дания – Норвегия)	Пролив Скагеррак	131	1958	2	4,25	
	Путгарден – Редбю (Германия – Дания)	Пролив Ферман-Бельт	19	1963	6	1,0	Г, П
	Варнемюнде – Гесер (Германия – Дания)	Балтийское море	47	1903	1	1,83	
	Засниц – Треллеборг (Германия – Швеция)		107	1909	5	3,75	Г
	Свиноуйсьце – Истад (ПР – Швеция)		176	1975	1	6,25	
	Травемюнде – Ханко (Германия – Финляндия)	Балтийское море	1018	1975	1	32	Г
	Мукран – Клайпеда (Германия – Литва)		521	1986	4	20	
	Хельсингборг – Копенгаген (Юг Швеции – Дания)	Пролив Эресуни	37	1986	2	1,82	
	Хельсингборг – Хельсингер2 (Швеция – Дания)		5	1892	6	0,33	Г, П
	Варна – Ильичевск (Болгария – Украина)	Черное море	458	1978	4	17,0	Г
	Мальме – Копенгаген (Швеция – Дания)	Пролив Эресуни	30	1895	1	Нет дан-ных	
	Травемюнде – Гесер (Германия – Дания)	Балтийское море	Нет дан.	1986	14*	Нет дан-ных	Г, П
Америка	Пуно – Гуаки – Хагуэ (Перу – Боливия – Аргентина)	Озеро Титикака	185	1971	1	10,0	Г
	Тандер – Бей – Сьюпериор (Канада – США)	Озеро Верхнее	285	1896	1	14,0	
	Канада – Аляска	Регион Тихого океана	2000	1964		120 (5 дн.)	
	Сиэтл – Принс – Руперт (США – Канада)		2620	Нач. 20 в.	Нет дан-ных	168 (7 дн.)	
	Сиэтл – Уиттиер (США – Канада)		1600	Кон. 19 в.		96 (4 дн.)	
	Джинджа – Мванза (Уганда – Танзания)	Озеро Виктория	400	1966	3	16,5	Г

Примечание

Г – грузовые, П – пассажирские.

*общее число паромов, работающих на линии в летний период.

В настоящее время на данных линиях работают паромные суда постройки 70-х, начала 80-х годов: «Рюген», «Росток» и «Треллеборг». Грузоподъемность железнодорожной палубы парома «Рюген» 1670 т. Эта палуба вмещает 37 грузовых вагонов при общей длине путей 480,3 м. На автомобильной палубе может разместиться 12 грузовых или 73 пассажирских автомобиля общей массой 468 т. Скорость движения 20,3 узла. Грузовой паром «Росток» имеет на железнодорожной палубе пять путей, которые вмещают 49 грузовых вагонов общей массой 1900 т. Грузоподъемность автомобильной палубы 600 т, вместимость – 21 грузовой автомобиль. Скорость движения 20,5 узлов. Наиболее крупным паромным судном на этом маршруте является шведское «Треллеборг», эксплуатируемое с 1982 г. Оно вмещает 55 грузовых вагонов, 22 грузовых автомобиля и 800 пассажиров. Скорость парома 19 узлов [3, 6].

В настоящее время важное место в перевозках на Балтийском море занимает порт Любек (Германия). Он обслуживает 10 регулярных паромных линий, связывающих его с Данией, Швецией и Финляндией. Грузооборот порта в паромном сообщении в 1985 г. составил 11,8 млн. т, или примерно 81% общего грузооборота. В том числе было перевезено: 183 тыс. грузовых автомобилей, 18 тыс. железнодорожных вагонов, 30 тыс. контейнеров и 37 тыс. контрейлеров.

С 1924 г. осуществляются регулярные паромные перевозки между Великобританией и Европейским континентом. Первой паромной линией через Ла-Манш была переправа Харидж – Зебрюгге, обеспечившая кратчайшую связь между Великобританией и Бельгией. В 1936 г. организуется паромное сообщение с Францией. На этих направлениях в течение долгого времени использовали транспорт времен первой мировой войны. В 1967 г. появилась вторая паромная линия, связавшая Великобританию с Францией: Харидж – Дюнкерк. Эта линия была закрыта в связи со строительством тоннеля под проливом Ла-Манш, вызвавшим реорганизацию железнодорожных грузовых перевозок.

Три железнодорожные паромные переправы действуют в Италии. Одна из них была открыта еще в 1905 г. через Мессинский пролив. В настоящее время на ней курсируют семь судов. Паромная линия через Тирренское море, существующая с 1961 г., связывает материк с островом Сардиния. Паромный флот, используемый на этой линии, недавно пополнился судном новейшей конструкции. На его борту установлены электронные системы диагностирования неисправностей и микропроцессорная техника для управления двигателями и контроля за работой системы электроснабжения. Судно вмещает 80 грузовых вагонов.

Самой протяженной (1018 км) паромной переправой в Европе является Травемюнде (Германия) – Ханко (Финляндия). Она открыта в 1975 г. Для обеспечения перевозок был сконструирован трехпалубный паром, рассчитанный на перевозку 65 грузовых вагонов. В 1979 г. длина парома была увеличена, в результате чего его вместимость (в вагонах) возросла на 30%. В 1984 г. введен второй паром. Эта переправа имеет важное значение для экономических связей Финляндии со странами Западной Европы, особенно с Германией. Сегодня большая часть экспортно-импортных грузов между этими двумя государствами перевозится на паромах.

В 1958 г. в проливе Босфор была открыта паромная переправа между портами Сиркели и Хайдар, расположенными на европейском и азиатском берегах Турции. На этой линии протяженностью 2 км курсируют три парома.

Схема основных железнодорожных паромных переправ Западной Европы приведена на рисунке 1.2.

По мнению автора [2], началом работ по созданию морских паромных переправ в СССР следует считать 1952 год, когда был разработан проект железнодорожной переправы через морской пролив на тихоокеанском бассейне страны. Хотя проект не был осуществлен, материалы проработок были использованы при проектировании железнодорожной паромной переправы через Керченский пролив между станциями Крым и Кавказ (см. рисунки 1.2 и 1.3). Эта переправа, протяженностью около 5 км, была открыта в 1955 году

[5]. В 1991 году в связи с распадом СССР переправа перестала функционировать. Впоследствии, 18 сентября 2004 года железнодорожная паромная переправа Крым-Кавказ была вновь введена в строй [7]. В настоящее время на переправе работает паром «Анненков». Он способен одновременно перевозить до 20 вагонов. Еще один паром строится в Севастополе [8].

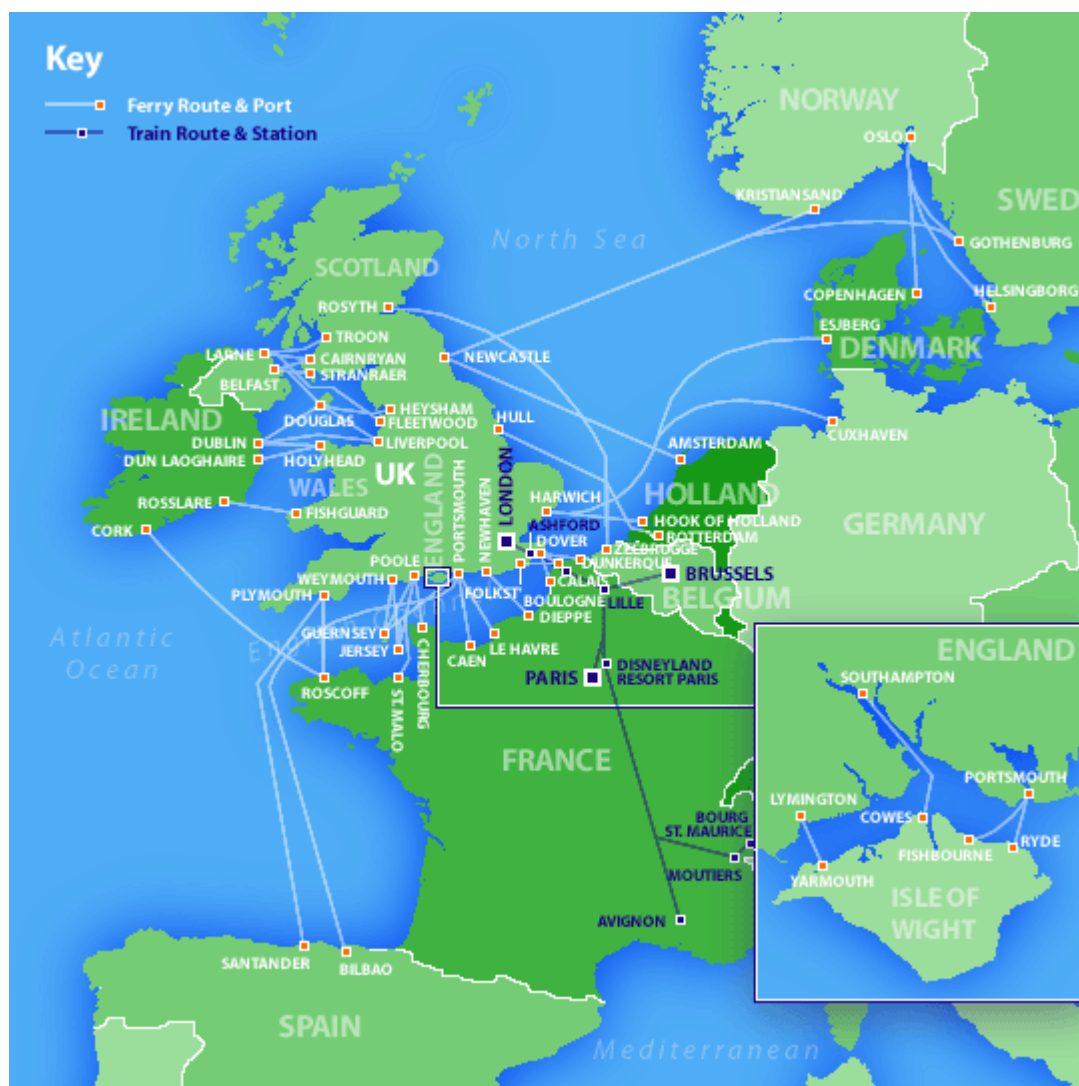


Рисунок 1.2 – Основные паромные переправы Западной Европы

В 1978 г. была введена в эксплуатацию международная переправа на линии Ильичевск – Варна (Болгария) (см. рис. 1.3). Протяженность линии 458 км. На переправе работают четыре трехпалубных парома с 13 путями, на которых можно установить 108 грузовых вагонов [9].

В июне 2003 года в России открылась новая железнодорожная переправа Туркменбаши (Туркменистан) – Махачкала (см. рис. 1.3). Переправу обслуживает паром «Петровск» вместимостью 24 вагона. Компания, обслу-

живающая данную паромную переправу предполагает перевозить в Туркменистан аммиачную продукцию и трубы, а в обратном направлении – на Махачкалу и далее транзитом на Черное море – будут перевозиться цистерны с Туркменской нефтью, бензином, сжиженным газом и нефтекоксом.



Рисунок 1.3 – Схема железнодорожных паромных переправ, действующих в Балтийском, Черном и Каспийском морях

В Японии наиболее значительные перевозки осуществляются на линии Аомори – Хокадате через пролив Цугару, обслуживаемой 13 паромными судами. Еще одна паромная линия пересекает пролив Уно между портами Уно и Такамацу. Здесь курсируют четыре парома. Имеются три паромные переправы во внутреннем Японском море, из которых самая большая Нихори – Мацуями длиной 37,9 км.

На Африканском континенте все железнодорожные паромные линии сосредоточены на озере Виктория. Перевозки осуществляются между Угандой и Танзанией, Танзанией и Кенией.

По одной паромной линии задействовано в Южной Америке (через озеро Титикака) и Новой Зеландии (через пролив Кука).

Протяженность большинства железнодорожно-паромных переправ мира не превышает 200 км [3]. Переправы самой большой протяженности действуют на Американском континенте (в регионе Тихого океана). Это Си-

этл (США) – Принс-Руперт (Канада) протяженностью 2620 км и Канада – Аляска протяженностью 2000 км. На этих переправах работают океанские буксиры, которые могут тянуть до трех барж. Вместимость каждой баржи составляет 50 грузовых вагонов.

1.3 Комплекс железнодорожных устройств паромных переправ

Состав комплекса железнодорожных устройств паромной переправы главным образом зависит от преобладающего вида железнодорожных перевозок, для которых она привлекается – грузовых или пассажирских [10]. В данной магистерской работе рассматриваются исключительно грузовое смешанное железнодорожно-водное сообщение.

Комплекс железнодорожных устройств паромных переправ, осуществляющих перевозку грузовых вагонов, состоит из предпаромной станции с выставочным парком (ППС) и подходов к подъемно-надвижному мосту (ПНМ) [2, 11]. Основное назначение предпаромной станции заключается в подборке на каждый путь парома групп вагонов (плетей) и формировании поездов на внешнюю сеть.

В мировой практике приняты две основные схемы расположения сортировочных и выставочных путей по отношению к линии кордона паромного причала [10]: тупиковая (рисунок 1.4, а) и с параллельным размещением путей (рис. 1.4, б).

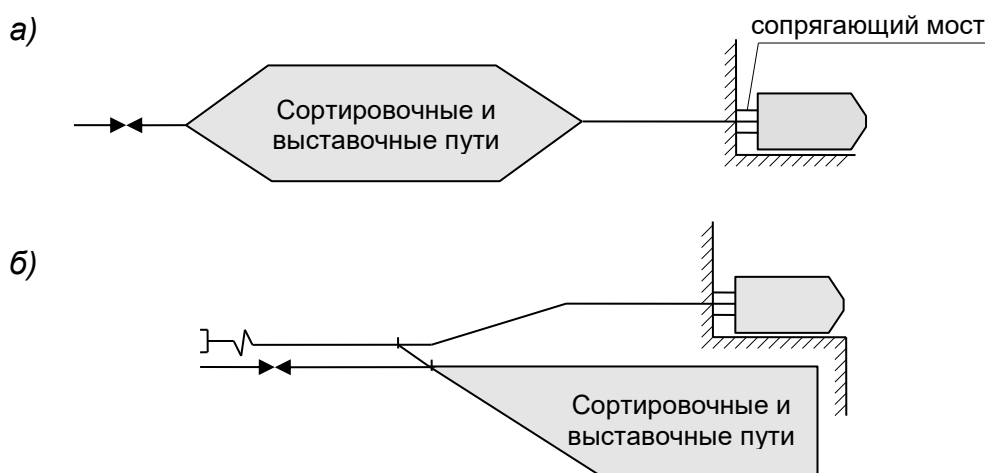


Рисунок 1.4 – Схемы расположения сортировочных и выставочных путей по отношению к линии кордона паромного причала:

а – тупиковая; б – с параллельным размещением

Тупиковое расположение путей, с точки зрения эксплуатации, является более целесообразным, т. к. при таковом значительно сокращается объем маневровой работы. Если места для устройства тупиковых путей недостаточно, что, в частности, имеет место в развитых портах, то принимают параллельный вариант расположения путей [10].

Примерами компоновки паромных комплексов с тупиковым расположением железнодорожных путей являются порты СНГ: Баку, Красноводск, Ванино, Холмск, а также ряд зарубежных портов: Путгарден, Свиноуйсьце, Вернемюнде, Дувр, Зебрюгге и др.; с параллельным расположением путей – порты Дюнкерк, Засниц, Харидж.

Существенное влияние на компоновку железнодорожных устройств по обслуживанию паромных переправ оказывают следующие факторы [2]:

- вид перевозок (международные, каботажные);
- ширина колеи путей станции и парома;
- число палуб на пароме и наличие лифтов-подъемников;
- величина суточного вагонопотока.

Вид перевозок определяет возможность объединения выставочного парка с другими парками (сортировочным, отправочным). При международных перевозках выставочный парк должен быть расположен обособленно от других и огражден, т.к. здесь производятся таможенный и пограничный досмотры вагонов, прибывших из другой страны или отправляющихся в нее.

Если на пароме и на станции одинаковая ширина колеи (перевозка грузов осуществляется в вагонах колеи 1520 мм), весь комплекс железнодорожных устройств, обслуживающих паромную переправу, представляет собой трехпарковую систему (парк приема, сортировочный парк, выставочный парк) [2, 10]. Перегрузка грузов из вагонов одной колеи в вагоны другой колеи (или перестановка тележек) производится на территории зарубежной страны с сооружением там перегрузочных (перестановочных) устройств. Такой вариант технологии реализуется на двух международных паромных комплексах: в Клайпеде (Литва) – ст. Драугисте (см. рисунок 1.5), и Ильичевске

– ст. Ильичевск-Паромная. В данной дипломной магистерской работе рассматривается именно этот случай.

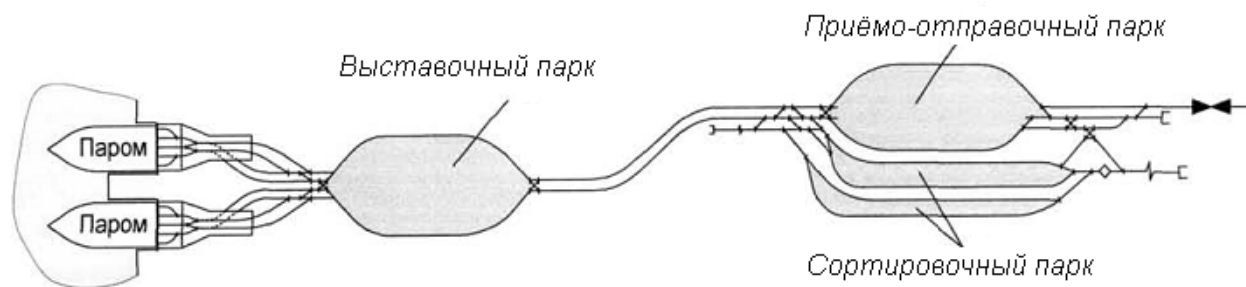


Рисунок 1.5 – Схема паромной станции Драугисте

Возможен и другой вариант, когда на пароме и на станции различная ширина колеи. Схема станции, обслуживающей паромную переправу, будет представлять собой две сортировочные системы с разной колеей и перегрузочным (перестановочным) пунктом. Данный комплекс железнодорожных устройств реализован, в частности, на паромном комплексе в Варне (Болгария) – ст. Варна-Паромная. Железнодорожная станция Варна-Паромная (см. рис. 1.6) включает [2, 9]: предпаромный парк 1 (ширина колеи 1520 мм); сортировочный парк 5 (ширина колеи 1435 мм) и приемо-отправочный парк 6 (ширина колеи 1435 мм); отправочный парк 7 на сортировочную станцию Синдел; пункт перестановки вагонных тележек 2; пункт 3 для перегрузки груза из вагонов русской колеи в вагоны стандартной колеи и обратно; депо и пункт экипировки локомотивов 4. Железнодорожных паромных комплексов, которые реализовывали бы такую технологию в Украине и странах СНГ в настоящее время нет.

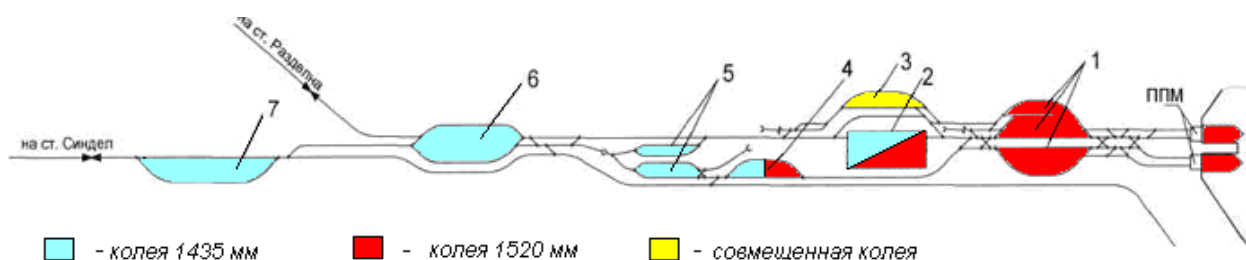


Рисунок 1.6 – Схема станции Варна-Паромная

Конструкция железнодорожных подходов к подъемно-сопрягающему мосту зависит от типа парома и способа подачи плетей вагонов на палубы судна [5, 11]. Число палуб на пароме, наличие лифтов-подъемников, кон-

струкция подъемно-переходного моста (ППМ) (одно- или двухъярусный) влияют соответственно на конфигурацию выставочного парка, конструкцию его горловин. В последнем случае горловина выставочного парка значительно усложняется [2].

Возможны следующие варианты сочетаний типов паромов и ППМ [2]:

- однопалубный паром сопрягается с одноярусным ППМ;
- двухпалубный паром сопрягается с двухъярусным ППМ – в этом случае накат вагонов осуществляется сначала на нижнюю палубу, а затем – на верхнюю;
- двух-, трехпалубный паром сопрягается с одноярусным ППМ – при этом загрузка вагонов на судно осуществляется при помощи лифтов-подъемников, которые могут быть размещены на берегу или непосредственно на судне.

При одноярусном ППМ и однопалубных паромах, как это имеет место на Керченской, Каспийской и Сахалинской переправах, железнодорожные подходы к мосту предусматриваются на обычном земляном полотне (в плане, как правило, – на прямой и в профиле – на площадке либо на уклонах незначительной величины) [5, 11]. Аналогичную конструкцию имеют подходы на переправе Ильичевск-Варна, которая обслуживается трехпалубными паромами. Это обусловлено тем, что подача групп вагонов через ППМ осуществляется исключительно на главную палубу. Дальнейшая же расстановка вагонов на пароме производится с помощью лифтов, унилоков и поворотных секторов.

Иную конструкцию имеют железнодорожные подходы к двухъярусному ППМ на переправе Клайпеда-Мукран [5, 11]. Учитывая, что к парому через данный ППМ необходимо обеспечить подачу вагонов на верхнюю и главную палубы, железнодорожные подходы имеют, соответственно, две пары путей: верхнюю и нижнюю. Верхняя пара путей $1п$, $2п$ (см. рис. 1.7) укладывается в плане на прямой и в профиле – на подъеме в сторону моста. Величина уклона на подъеме зависит от рельефа местности и, обычно, не пре-

вышает 15-18‰. Часть этих путей на подходе к верхнему ярусу ППМ 2 укладывается на эстакаде 4 в связи с необходимостью укладки нижней пары путей 3п, 4п в одном вертикальном створе с верхней парой надвижных путей.

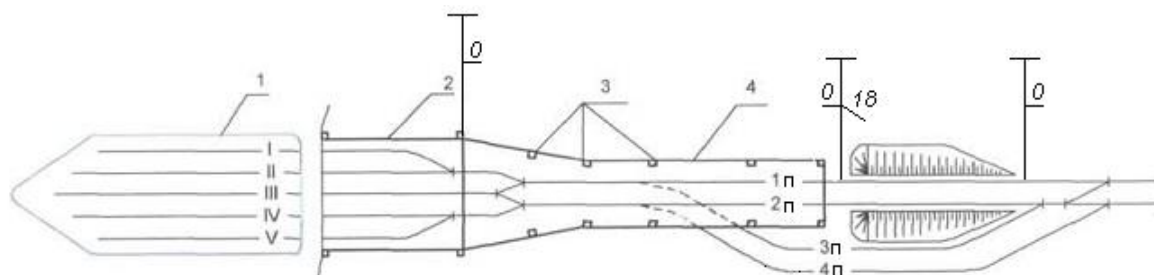


Рисунок 1.7 – Схема железнодорожных подходов к двухъярусному ППМ:

1 – паром, 2 – ППМ, 3 – опоры эстакады, 4 – эстакада

В связи с этим нижняя пара путей 3п, 4п (см. рис 1.7) на подходе к ППМ 2 проектируется в плане с устройством обратных кривых перед входом вовнутрь нижней части эстакады 4. На протяжении 150-200 м от передней грани моста (кормы парома 1) на средних надвижных путях предусматривается прямая либо пологие кривые больших радиусов для обеспечения безопасности маневровой работы на эстакаде и мосту.

1.4 Моделирование работы паромных переправ и комплекса их железнодорожных устройств

Исследованию проблем совершенствования паромных сообщений посвящены работы ряда ученых: В. Н. Образцова, Т. З. Нурмухамедова, Х. М. Лазарева, А. Е. Суколенова, Н. К. Сологуба, С. И. Логинова, В. Я. Болотного, В. А. Куликовой, Е. Ю. Мокейчева, С. А. Симоняна, А. В. Фокина; и некоторых инженеров: М. Б. Гавриленко, Н. Р. Черевацкой.

В ранних научных трудах вышеуказанных авторов были освещены, в основном, вопросы истории развития, описания существующих устройств, технологии работы и организации перевозок с использованием морских паромных переправ. При этом проблемы определения мощности железнодорожных устройств паромных комплексов и вопросы комплексного взаимодействия железнодорожного и морского транспорта практически не рассматривались.

Впоследствии, в 80-х годах прошлого столетия, с увеличением объемов перевозок грузов в смешанных железнодорожно-водных сообщениях, потребовались более глубокие исследования проблем функционирования железнодорожных паромных переправ.

В работах [11, 12] освещены особенности проектирования и технологии работы предпортовых станций и железнодорожных устройств морских портов. В частности, автором были рассмотрены вопросы определения количества путей в парках предпаромных станций и, как результат, предложено:

- 1) Число путей в парке приема рассчитывать по методикам, действующим для станций общей сети;
- 2) Число и длину путей в сортировочном парке проектировать соответственно равными числу путей и их длине на пароме;
- 3) Число путей в выставочном парке определяется в зависимости от схемы надвига и выкатки плетей вагонов (отдельно на каждый путь) по количеству путей на пароме, а при соединении двух-трех плетей количество путей соответственно уменьшается.

В работах [11, 13] предлагается методика расчета числа путей в сортировочных и районных парках портов. Расчет мощности железнодорожных устройств производится по среднесуточному количеству вагонов, находящихся одновременно в порту и на железнодорожной станции.

По мнению автора [2] данная методика не учитывает специфики работы предпаромной станции, а именно того, что под грузовой операцией здесь следует понимать не погрузку или выгрузку вагона, а скорее накатку или выкатку плетей вагонов на паром или с парома. Поэтому указанная методика не может быть использована для определения суточного количества вагонов, находящихся на паромной переправе, а, следовательно, методика не может быть использована для расчета. Кроме того, данная методика не учитывает неравномерности поступления вагонов на паромный комплекс.

В работах [14, 15, 16, 17] рассматриваются вопросы рациональной организации местной работы станции с паромной переправой в условиях не-

равномерностей подходов вагонов и судов на паромный комплекс. В данных работах автором рассматривается четырехпарковая система железнодорожных устройств паромной переправы, которая состоит из парка приема, сортировочного, предпаромного и паромного парков. Однако назначение предпаромного парка сформулировано довольно обобщенно: его роль автор определяет как «амортизирующее» звено для сглаживания колебаний входящего потока поездов. Методика расчета количества путей в предпаромном парке и определения оптимального числа паромных парков изложена в работах [16, 17]. При этом данная методика приемлема лишь при эксплуатации на переправе однопалубных паромов.

Автором [18] впервые были разработаны аналитические методы расчета мощности железнодорожных устройств морских паромных переправ, предложены и обоснованы рациональные схемы предпаромных станций, сферы их применения и этапность развития.

В соответствии с технологической структурой предпаромных станций в работе [18] рассматриваются 14 принципиальных схем взаимного расположения парков путей железнодорожных устройств морских паромных переправ, а с учетом разного уровня их технологичности – 30 схем станций. Предусматривается, что на каждой из схем может быть реализовано два способа расформирования: на вытяжном пути осаживанием или на горке малой мощности. Всего в работе рассмотрено 60 вариантов схемных решений. Выбор рациональных схем железнодорожных устройств морских паромных переправ автор производит с помощью многокритериального анализа.

Методика расчета мощности железнодорожных устройств паромных комплексов в данной работе построена на допущении, что характер поступления паромов подчиняется закономерностям, аналогичным для прибытия морских судов различного типа в обычные порты, т.е. является случайным и может быть описан законом распределения Пуассона. Однако, по мнению автора [2], данное утверждение является ошибочным, т.к. движение паромов

подчиняется расписанию и неравномерность подхода паромов определяется лишь наступлением неблагоприятных погодных условий.

Кроме того, в работе [18] с целью определения расчетных параметров железнодорожных устройств паромных переправ (величины групп вагонов на каждое назначение и среднее число отцепов в составе) используются аналитические формулы для грузовых станций. В то же время автор [2] утверждает, что подобная формализация процесса некорректна, т.к. технология формирования плетей вагонов на паром и подач на грузовые фронты грузовой станцией существенно различаются. Также недопустимым является использование понятия «назначения вагона» в интерпретации пути, палубы или места на палубе парома, т.к. один и тот же вагон, исходя из совокупности факторов, может быть поставлен как на один, так и на другой путь судна.

В работе [19] впервые предпринята попытка комплексного исследования вопросов проектирования паромных переправ. Предложенная в данной работе методика основывалась на использовании в качестве исходных данных параметров паромов и элементов береговой базы. Основное внимание автор уделит на определение характеристик и главных параметров парома в зависимости от ограничений по водной акватории; проведена оценка устойчивости парома при перевозке вагонов с различной номенклатурой грузов.

Мощность железнодорожных устройств паромного комплекса (емкость парков приема, формирования и подготовки вагонов) автором [19] предлагается определять в зависимости от технологии ведения грузовых работ, а именно: либо паром освобождается полностью от вагонов, а затем начинается накатка отправочной партии, либо накатка вагонов производится по мере освобождения парома. Однако, исходя из условий безопасности выполнения маневровых работ с паромными, последний вариант не нашёл практического применения. Кроме того, автор [2] отмечает, что предложенная в [19] методика не учитывает специфику подборки вагонов в плети, оставлены без внимания необходимость в ходовых путях и другие технологические особенности работы предпаромной станции.

В работах [4, 20, 21] рассматривались технологические вопросы комплексного взаимодействия железнодорожного и водного транспорта в условиях функционирования паромных переправ. В работах [4, 21] особое внимание уделено оптимизации планирования перевозок грузов в смешанном железнодорожно-водном сообщении, проблемам организации работы транспортного узла с железнодорожной паромной переправой. В работе [4] автором разработаны рекомендации по календарному планированию отправления вагонов на паромные переправы с целью обеспечения их ритмичного подхода и сокращения простоя транспортных средств в пунктах стыкования. Так же были определены зависимости времени следования вагонов от расстояния и рассчитаны вагоно-сутки простоя на паромных комплексах для различных вариантов отправления грузов со станций погрузки при равномерном и фактическом прибытии паромов.

Автором [22] рассматривались проблемы затрудняющие реализацию перевозочных возможностей смешанных сообщений, которые заложены в основу организационных и технологических принципов работы паромного комплекса. В работе предложена новая система документооборота при взаимодействии предпаромной станции и паромного комплекса, которая базируется на применении средств вычислительной техники; выработаны рекомендации по оперативному прогнозированию продолжительности выполнения технологических операций с вагонами на предпаромной станции.

Особый интерес представляет метод экспертных оценок, использованный автором [22] для исследования значительного количества факторов, влияющих на работу паромного комплекса. Аппарат экспертных оценок положен в основу общепринятого в Европейском Союзе способа обоснования технических решений в области транспорта – метода анализа иерархий.

Первые попытки экономического обоснования эффективности паромных переправ были выполнены в работах [23, 24]. Однако переход на рыночные отношения с распадом СССР повлёк необходимость в качественно новых исследованиях, касающихся данной проблематики.

Учитывая то, что организация морских железнодорожных паромных сообщений – дорогостоящее мероприятие, в последнее время всё большее внимание уделяется обоснованности инвестиций в строительство новых паромных комплексов.

Так в работах [2, 25, 26] исследуются вопросы рационального уровня технического оснащения новых паромных комплексов исходя из ожидаемых объемов перевозок с учетом типа паромов и местных условий; предлагается рациональная стратегия функционирования уже существующих паромных переправ.

Обширные исследования ведутся касательно проблем применения логистических подходов в организации паромных сообщений; в вопросах обоснования экономической эффективности перспективных паромных комплексов и прилегающих к ним железнодорожных подходов в портах Прибалтики: Усть-Луга [27, 28], Засниц [28, 29], Балтийск [29], а также в Черноморском регионе: международной паромной переправы Кавказ-Поти [30].

В работе [31] высказывается критика в адрес применения паромных сообщений. Автором выделяется ряд недостатков перевозки грузов с участием железнодорожных паромных переправ, таких как: большой срок окупаемости капитальных вложений в строительство паромных комплексов; малый удельный вес перевозимого паромом полезного груза (количество груза приходящееся на единицу массы многоразовой тары парома и вагонов), и как следствие повышенный удельный расход топлива; длительное исключение вагонного парка из работы (на время рейса парома) и др. По мнению автора [31] паромные сообщения эффективны при условии, что продолжительность рейса парома составляет не более 5-6 ч.

Ввиду того, что железнодорожный паромный комплекс является сложной системой, процессы, протекающие в нем, большей мерой носят вероятностный характер, для исследований используется метод имитационного моделирования его работы.

Вопросы моделирования грузовой работы рассматриваются автором работы [32]. В данной работе приведена характеристика грузовых пунктов и входящих потоков, математическое описание технологических процессов, методика сбора и обработки информации, разработаны модели работы станций и подъездных путей.

Впервые математическую модель паромного комплекса разработали авторы работы [33]. В данной работе применяется метод вероятностно-автоматного моделирования. С помощью имитационного моделирования предполагалось определить оптимальное количество паромов, обеспечивающее бесперебойный режим работы переправы с наименьшими задержками. Однако, по мнению автора [2], разработанная модель не может считаться типовой, как это указано в заглавии статьи, т.к. в работе не учтен целый ряд особенностей технологии работы паромной переправы. В частности то, что паром приравнивается к обычному грузовому судну, для погрузки и выгрузки которого требуются погрузо-разгрузочные механизмы и резерв порожних вагонов. Поэтому предложенная модель не может считаться адекватной реальному процессу функционирования паромной переправы.

Автором [4] для описания работы паромной переправы использовалась математическая схема динамической стохастической системы с дискретным вмешательством случая. При разработке такой модели применялись вероятностные и конечные автоматы, которые в каждый момент дискретного времени отражают состояние параметров моделируемой системы. Техническое оснащение станции подробно в модели учтено не было, это связано с тем, что при моделировании преследовались иные цели. Кроме того, при формализации процесса функционирования паромной переправы было принято, что время нахождения каждого вагона на станции является одинаковым, что не отвечает действительности.

Автором работ [2, 34] для описания процесса функционирования паромного комплекса применена математическая схема динамической системы, формализуемой в виде многофазной многоканальной системы массового об-

служивания. Модель представляет собой множество величин, описывающих процесс функционирования реальной системы и образующих следующие подмножества: совокупность входных воздействий на систему (подход паромов, подход поездов); совокупность воздействий внешней среды (погодные условия); совокупность внутренних параметров системы (время обработки устройствами, время ожидания обработки); совокупность выходных характеристик системы (коэффициенты загрузки устройств, время нахождения вагонов в системе паромного комплекса и коэффициент использования вместимости парома). Для написания программы модели была использована среда моделирования GPSS.

1.5 Постановка задачи исследования

Как показал анализ, основная часть научных публикаций в сфере паромных комплексов посвящена выбору их рационального технического оснащения. Однако в современных условиях, когда строительство новых паромных переправ требует привлечения серьёзных инвестиций, на первый план выступают проблемы совершенствования работы уже существующих паромных комплексов.

Отдельно следует заметить, что вопросы интероперабельности железнодорожных систем государств-участников паромных сообщений и интересообъединяемости железнодорожного и морского транспорта на сегодняшний день изучены не до конца. Остаются нерешёнными проблемы горизонтальной интеграции видов транспорта в паромных сообщениях для оказания транспортных услуг в цепочке «от двери до двери».

Наиболее актуальной проблемой паромных сообщений в настоящее время является выбор комплексной стратегии взаимного функционирования железнодорожного и морского транспорта, которая бы обеспечивала с одной стороны сокращение времени нахождения вагонов на предпаромной станции, а с другой – максимальную загрузку паромов. Практическая реализация данной стратегии является залогом эффективности функционирования железнодорожных паромных переправ.

Таким образом, целью данной магистерской дипломной работы является совершенствование технологических и технических параметров функционирования берегового паромного комплекса, а именно:

1) Оптимизация каргоплана погрузки и выгрузки парома, что позволит уменьшить объем маневровой работы на предпаромной железнодорожной станции, а также сократить продолжительность обработки парома.

2) Оптимизация продолжительности процесса сортировки составов и подборки плетей вагонов посредством применения комбинаторного и распределительного методов.

3) Определение рационального уровня технической оснащенности берегового паромного комплекса с целью сокращения межоперационных простоев и обеспечения максимальной параллельности выполнения технологических операций.

2 ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЖДУНАРОДНОЙ ПАРОМНОЙ ПЕРЕПРАВЫ

2.1 Береговой паромный комплекс Ч

Береговой паромный комплекс Ч является составной частью международной паромной переправы. Он включает железнодорожную станцию П и терминал (паромный район) морского торгового порта Ч. Схема берегового паромного комплекса Ч приведена на рисунке 2.1.

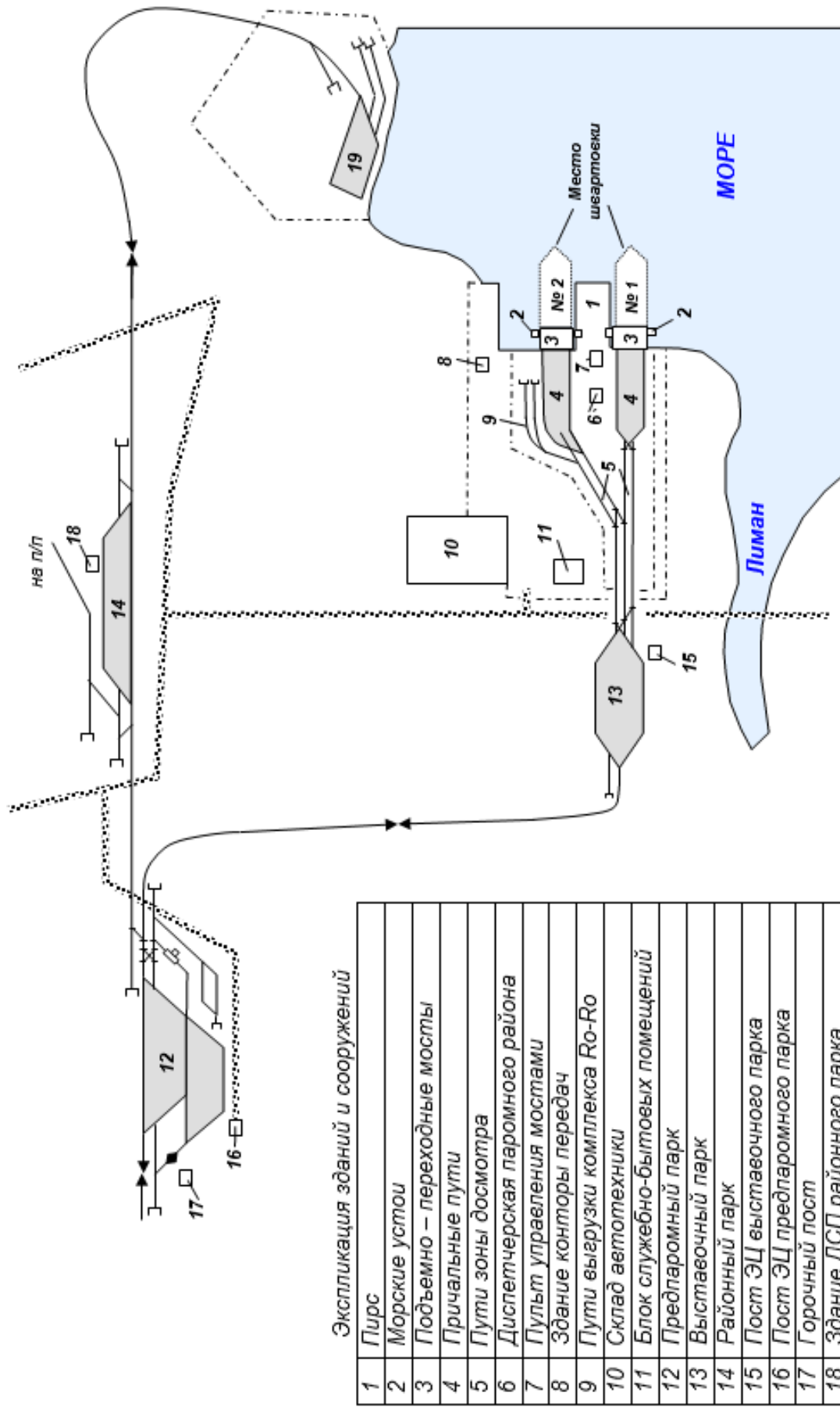
2.1.1 Техническая характеристика паромного района порта. В состав паромного района входят:

- паромный причал;
- железнодорожные пути, расположенные на территории порта;
- зону выполнения приемо-сдаточных операций и контрольного досмотра вагонов и грузов;
- комплекс выгрузки Ro-Ro;
- производственно-технические и служебные здания.

Паромный причал (см. рис. 2.1) включает пирс 1, морские устои 2 и подъемно-переходные мосты 3. Пирс длиной 210 м и шириной 16 м рассчитан на швартовку двух паромов, с правой и левой стороны: соответственно, место швартовки № 1 (причал № 26) и место швартовки № 2 (причал № 27). С обеих сторон пирса располагается по два морских устоя. Устои образуют ложе, в котором паром стыкуется с подъемно-переходным мостом.

Подъемно-переходные мосты (ППМ) 3 обеспечивают соединение паромов с железнодорожными путями 4. Техническая характеристика данных мостов предусматривает выкатку-накатку вагонов на пути со средней палубы парома с заездом маневрового локомотива на переходный мост.

Контроль стыковки парома с подъемно-переходным мостом, а также их взаимного положения в процессе обработки парома производится с расположенного в непосредственной близости от них пульта 7.



Экспликация зданий и сооружений

1	Пирс
2	Морские устои
3	Подъемно – переходные мосты
4	Причальные пути
5	Пути зоны досмотра
6	Диспетчерская паромного района
7	Пульт управления мостами
8	Здание конторы передач
9	Пути выгрузки комплекса Ro-Ro
10	Склад автотехники
11	Блок служебно-бытовых помещений
12	Предпаромный парк
13	Выставочный парк
14	Районный парк
15	Пост ЭЦ выставочного парка
16	Пост ЭЦ предпаромного парка
17	Горочный пост
18	Здание ДСП районного парка
19	Территория рыбного порта

Рисунок 2.1 – Береговой паромный комплекс Ч

Железнодорожные пути, расположенные на территории паромного района порта (см. рисунок 2.2), по своему назначению подразделяются на:

- пути для накатки-выкатки вагонов с паромов (№№ 42-44, 47-49);
- пути для производства приемо-сдаточных операций и операций контрольного досмотра вагонов и грузов (№№ 15-18, 22, 24, 26, 28);
- пути для выгрузки колесной техники и запасных частей к ней (железнодорожные пути комплекса Ro-Ro - №№ 30, 31).

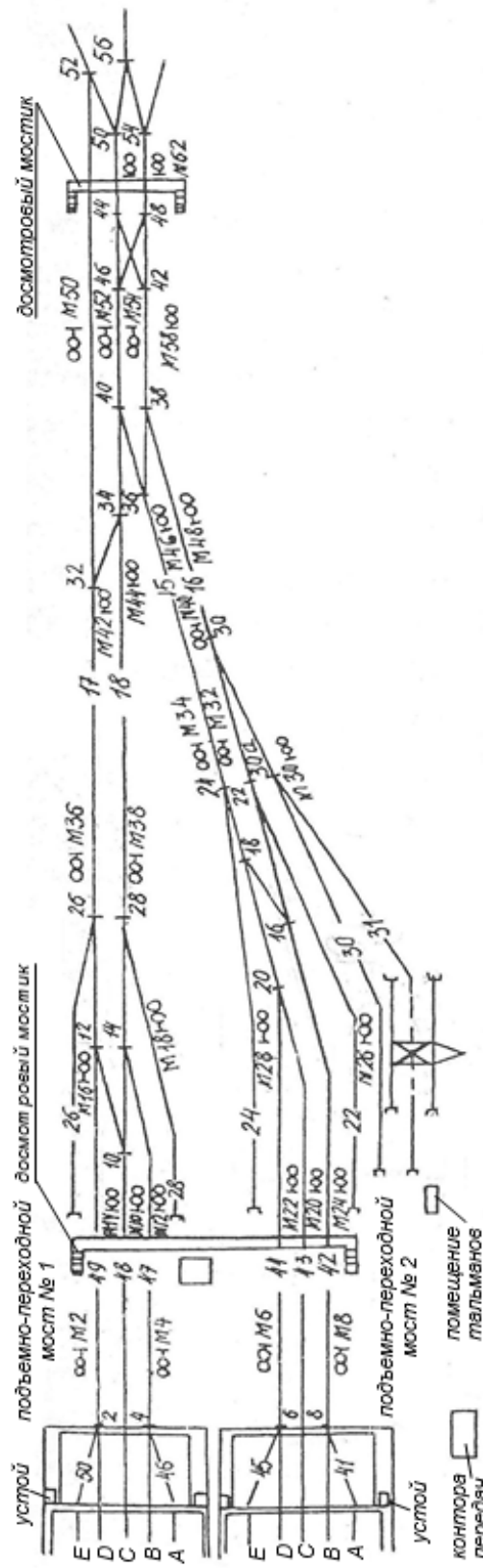
Для соединения железнодорожных путей между собой используется ряд съездов и одиночных стрелочных переводов. Характеристика железнодорожных путей паромного района приведена на рис. 2.2. Все стрелочные переводы и сигналы паромного района оборудованы электрической централизацией. Управление этими сигналами и стрелочными переводами осуществляет дежурным по станции выставочного парка. Пути паромного района расположены на уклоне 4,5‰ в сторону пирса.

Зона выполнения приемо-сдаточных операций и контрольного досмотра вагонов и грузов ограничена досмотровыми мостиками. Плетни вагонов, подаваемые в зону для выполнения приемо-сдаточных операций и контрольного досмотра грузов и вагонов, устанавливаются между досмотровыми мостиками по направлению предохранительных тупиков.

Комплекс Ro-Ro включает в себя пути №№ 30, 31, устройства для выгрузки вагонов, склад автотехники, накопительные и осмотровую площадки.

На территории паромного района расположены следующие производственно технические и служебные здания (см. рис. 2.1, 2.2):

- диспетчерская паромного района;
- здание конторы передач и ТЭК;
- блок служебно-бытовых помещений и др.
- помещение пульта управления подъемно-переходными мостами и тальманов комплекса Ro-Ro.



Характеристика путей паромного района порта Ч/

№ пути	Назначение	Границы пути			Длина, м		№ пути	Назначение	Границы пути			Длина, м	
		от	через	до	полн.	полез.			от	через	до	полн.	полез.
15	Приёмно-сдаточный	40	36	24	260	—	50	Путь переходного моста	2	—	подъёмно-переходной мост	35	—
16		38	30	22	260	—	49	Причалный	26	12, 2		160	—
17		52	32	26	465	—	48		28	14, 10		160	—
18		50	44, 46, 40, 34	28	425	—	47	Путь переходного моста	14	4		120	—
22	Предохранительный тулик	22	—	—	110	50	46		4	—		35	—
24		24	—	—	110	50	45		6	—		35	—
26		26	—	—	110	50	44		20	6		170	—
28		28	—	—	110	50	43		24	18, 20		225	—
30	Выгрузочный комплекса Ro-Ro	30	—	—	205	166	42	Путь переходного моста	22	16, 8		225	—
31		30а	—	—	205	168	41		8	—		35	—

Рисунок 2.2 – Путевое развитие паромного района

2.1.2 Эксплуатационная характеристика паромного района порта. Паромы могут быть пришвартованы как с правой стороны пирса (место швартовки № 1), так и с левой его стороны (место швартовки № 2). Место швартовки № 1 обладает более благоприятными условиями для обработки паромов:

- прямые железнодорожные пути;
- меньшее влияние комплекса Ro-Ro.

ППМ с его пятью железнодорожными путями (см. рис. 2.2) служит для стыковки напольных железнодорожных путей и паромных железнодорожных путей главной палубы. Переходной мост подвижный. Его сторона, стыкующаяся с напольными железнодорожными путями, может вращаться вокруг оси, изменяя при этом угол наклона моста к горизонтальной плоскости. За счет этого достигается стыковка железнодорожных путей второй стороны моста и главной палубы парома в одном уровне при разной осадке парома и возможных колебаниях уровня воды у причала.

Железнодорожные пути, расположенные в паромном районе, используются, в основном, для обработки паромов. При обработке парома у правой стороны пирса (см. рис. 2.2) используются пути № 17, 18, 26, 28| 46, 47, 48, 49, 50; у левой стороны пирса – пути № 15, 16, 22, 24, 41, 42, 43, 44, 45. Технология обработки паромов на указанных путях обеих сторон пирса идентична.

Железнодорожных пути №№ 46-50 и 41-45, соответственно, правого и левого мест швартовки паромов, предназначены для выкатки-накатки вагонов с путей главной палубы парома. Каждый из указанных железнодорожных путей стыкуется через пути ППМ с соответствующим железнодорожным путем парома (см. рис. 2.2). Выкатка-накатка вагонов с путей А, Е главной палубы парома производится двумя локомотивами одновременно с использованием железнодорожных путей №№ 46, 47, 49, 50 (41, 42, 44, 45). Выкатка-накатка вагонов с путей В, Д главной палубы парома производится аналогичным порядком с использованием путей №№ 47, 49 (42, 44). Береговой путь № 48 (43), кроме того, используется при выкатке-накатке вагонов со всех железнодорожных путей верхней и трюмной палуб.

Железнодорожные пути №№ 17, 18 (15, 16) используются для выполнения приемо-сдаточных операций и контрольного досмотра грузов и вагонов. Так как эти пути уложены на уклоне 4,5‰ в сторону пирса, то во избежание самопроизвольного выхода подвижного состава на подъемно-переходной мост уложены по два предохранительных тупиковых пути №№ 26, 28 (22, 24). Нормальное положение стрелочных переводов №№ 26, 28 (22, 24) – в предохранительные тупики.

При отсутствии плетей вагонов на путях №№ 17, 18 (15, 16) последние могут использоваться как вытяжные пути для производства маневровой работы в четной горловине выставочного парка.

Комплекс Ro-Ro предназначен для выгрузки автотехники (в том числе несамоходной), прибывшей в железнодорожных вагонах, хранения ее и погрузки на суда типа Ro-Ro. Выгрузка автотехники с железнодорожных вагонов производится на путях № 30 и № 31. В отдельных случаях для выгрузки используется тупиковый путь № 22. При этом устанавливается переносной пандус для съезда автотехники с платформ.

Путь № 30 оборудован эстакадой высотой 3 м и длиной 120 м, которая предназначена для безопасного прохода работников бригады при разгрузке вагонов. В тупике данного пути расположена стационарная платформа с поднимающимся пандусом, которая позволяет производить выгрузку автотехники последовательно с первого и второго ярусов двухъярусных платформ или с универсального подвижного состава.

Путь № 31 перекрыт порталным краном "Абус", который предназначен для выгрузки несамоходной автотехники и запчастей к ней. На пути № 22 возможна выгрузка только самоходной автотехники из универсальных платформ.

На паромном районе, кроме обработки вагонов и паромов, также осуществляется обработка перевозочных документов. Прием/сдача перевозочных документов производится в здании конторы передач и ТЭКа.

2.1.3 Техническая характеристика железнодорожной станции П. Железнодорожная станция П по характеру и объемам работы является припортовой грузовой станцией, внеклассной, тупикового типа.

К станции примыкает перегон П-3 однопутный, оборудован полуавтоматической блокировкой. Пути станции П объединены в два парка: предпаромный и выставочный. Предпаромный парк находится на расстоянии 5 км от выставочного парка. Парки станции П связаны соединительным путем ІА, который оборудован полуавтоматической блокировкой и имеет уклон 9‰ в сторону выставочного парка. Движение маневровых передач по указанному соединительному пути осуществляется поездным порядком.

Предпаромный и выставочный парки оборудованы устройствами электрической централизации стрелок и сигналов. Кроме паромного комплекса станция П обслуживает 4 подъездных пути.

Для выполнения маневровой работы на станции П используются маневровые локомотивы серии ЧМЭ-3. Количество используемых маневровых локомотивов, режим их работы, график экипировки устанавливается оперативно в зависимости от объемов и характера работы паромного комплекса. Подача/уборка вагонов в Районный парк порта Р осуществляется собственным локомотивом порта Р. В исключительных случаях указанные операции могут выполняться локомотивом железной дороги.

2.1.3.1 Предпаромный парк станции П состоит из 19 путей (см. рисунок 2.3): 3 приёмо-отправочных пути №№ 2, 4, 5; путь № III – главный; 10 сортировочно-отправочных путей №№ 6-15 и один сортировочный путь № 17.

Пути №№ 2-5 предпаромного парка предназначены для приёма (отправления) грузовых поездов со (на) станции 3. Пути №№ 6-11 предназначены для отправления грузовых поездов на станцию 3, приема (отправления).

маневровых передач с (на) выставочного парка и подъездных путей. Пути №№ 12-15 предназначены для приема (отправления) маневровых передач с (на) выставочного парка и подъездных путей.

Для выполнения маневровой работы в четной и нечетной горловинах предпаромного парка имеется по одному вытяжному пути, соответственно № 22 длиной 392 м и № 19 длиной 438 м.

В предпаромном парке также имеются пути, которые переданы на баланс других ведомств:

- №№ 27, 28 – ДЦ «Укррефтранс»;
- № 26 – ПЧ-1;
- №№ 30, 31 – ВЧД-1;

Предохранительный тупик № 23 примыкает к соединительному пути Предпаромный парк - Районный парк порта Р. В четной горловине предпаромного парка на пути № 25 имеются 150-тонные вагонные весы. Техническая характеристика железнодорожных путей предпаромного парка приведена в таблице 2.1

Для обеспечения маневровой работы по расформированию, формированию поездов, маневровых передач на паром и подъездные пути станция П оборудована немеханизированной горкой малой мощности, которая расположена в нечетной горловине предпаромного парка.

Сортировочная горка имеет две тормозные позиции (I, II):

- I тормозная позиция (интервальная) – расположена на участках пути между стрелками №31-39, №31-43 – предназначена для создания необходимых интервалов между отцепами;

- II тормозная позиция (прицельная) – расположена с нечетной стороны каждого сортировочно-отправочного пути на расстоянии 50-70 м от предельных столбиков вглубь парка – предназначена для обеспечения соударения вагонов на подгорочных путях с допустимыми скоростями.

Каждая тормозная позиция оборудована башмакосбрасывателями, общее количество которых составляет 13.

Таблица 2.1 – Характеристика путей предпаромного парка станции П

№ пути	Назначение пути	Границы пути		Длина, м		Вместимость пути в полезных вагонах	Наличие на пути		
		от	до	между дельными столбиками	полезная		электрической изоляции	контактной сети	устройств кодировки
2	Приёмо-отправочный для грузовых поездов со (на) ст. 3	40	21	903	873	59	есть	есть	–
III	Главный для грузовых поездов со (на) ст. 3	40	21	903	873	59	есть	есть	–
4	Приёмо-отправочный для грузовых поездов со (на) ст. 3	36	23	878	848	58	есть	есть	–
5		36	25	878	845	58	есть	есть	–
6	Сортировочно-отправочный для грузовых поездов со (на) ст. 3; для приёмно-маневровых передач с выставочного парка и Районного парка порта Р	34	57	884	863	59	есть	есть, 130 м в нечетной горловине	–
7		34	61	856	837	57	есть	–	–
8		30	61	904	874	60	есть	–	–
9		32	59	886	874	60	есть	–	–
10		52	59	613	593	40	есть	–	–
11		54	55	595	573	38	есть	–	–
12	Сортировочно-отправочный для маневровых передач с выставочного парка и Районного парка порта Р	54	53	609	601	40	–	–	–
13		68	53	583	574	38	–	–	–
14		68	49	608	600	40	–	–	–
15		60	47	679	615	41	–	–	–
17		58	47	729	713	50	–	–	–
19	Вытяжной	1	упор	460	448	31	–	–	–
22		2	упор	399	384	26	–	–	–
23	Предохранительный тупик	4	упор	60	54	3	–	–	–
25		8	42	293	272	18	–	–	–

Торможение осуществляется регулировщиками скорости движения вагонов при помощи тормозных башмаков. За первой тормозной позицией закреплено 40 тормозных башмаков, за второй – по 10 башмаков на каждый сортировочный путь.

Стрелки горочной горловины включены в электрическую централизацию. Для осигнализации роспуска и маневровых передвижений на горке установлены светофоры. При необходимости все стрелки горочной горловины могут быть полностью или частично (по пучкам) переданы на местное управление.

В четной горловине имеется маневровая вышка, которая оборудована устройствами для местного управления стрелками этой горловины. Однако, в связи с относительно небольшим объемом маневровой работы в указанной горловине, данная вышка не задействована.

2.1.3.2 Выставочный парк станции П состоит из 12 путей. Пути №№ 1-11 предназначены для приёма и отправления маневровых передач из предпаромного парка, подачи и уборки с парома плетей вагонов, подачи и уборки вагонов на комплекс Ro-Ro и подъездные пути. В нечетной горловине парка имеется вытяжной путь № 13. Техническая характеристика путей выставочного парка приведена на рис. 2.4.

2.1.3.3 Связь. Для организации и руководства поездной и маневровой работы на станции П применяются следующие виды связи:

- двухсторонняя поездная и маневровая радиосвязь;
- двухсторонняя парковая связь;
- телефонная связь.

Маневровый диспетчер (ДСЦ) в своем распоряжении имеет телефонную связь с поездными диспетчерами (ДНЦ), дежурным по дирекции (ДНЦО), дежурными по станции (ДСП) предпаромного и выставочного парков, сменным диспетчером районного парка порта Ч, операторами СТЦ, регулировщиками скорости движения вагонов (РСДВ), сигналистами.

Кроме того, для связи ДСЦ с машинистами маневровых локомотивов, РСДВ, сигналистами, ДСП предпаромного парка используется маневровая радиосвязь и парковая двухсторонняя связь.

Для руководства поездной и маневровой работой ДСП предпаромного и выставочного парков имеет в своем распоряжении двухстороннюю маневровую и поездную радиосвязь с машинистами поездов и маневровых локомотивов, прямую и телефонную связь с ДНЦ, ДСП станции З, ДСЦ, оператором ПКТО, сигналистами, дежурным электромехаником СЦБ. Также ДСП, для организации маневровой и поездной работы, используют парковую двухстороннюю связь.

2.1.4 Эксплуатационная характеристика железнодорожной станции П. Железнодорожная станция П предназначена главным образом для обслуживания международной паромной переправы. Кроме того станция осуществляет местную работу, обслуживая четыре подъездных пути.

В предпаромном парке станции П выполняются следующие операции:

1) на приемо-отправочных путях:

- приём и отправление поездов с (на) станции З;
- приём и отправление маневровых передач с (в) выставочного парка, Районного парк порта Ч.

2) на сортировочно-отправочных путях:

- формирование маневровых передач в выставочный парк и Районный парк порта Ч;
- отправление поездов на станцию З, маневровых передач в выставочный парк и Районный парк порта Ч;
- формирование грузовых поездов на внешнюю сеть и плетей на паром.
- временная стоянка задержанных вагонов и вагонов, требующих ремонта.
- приём/сдача вагонов с подъездных путей в техническом и коммерческом отношениях.

3) на пути № 25:

- взвешивание вагонов на вагонных весах.

В выставочном парке станции П выполняются следующие операции:

- приём и отправление маневровых передач с/в предпаромного парка;
- выкатка и накатка вагонов на паром.
- подача и уборка вагонов с грузовых фронтов подъездных путей.

Коммерческий осмотр поездов, прибывающих в предпаромный парк, проводится на приёмо-отправочных путях в два лица: приёмщиком поездов и приёмосдатчиком груза и багажа. Коммерческий осмотр маневровых передач назначением в выставочный парк и на подъездные пути проводится аналогичным порядком на путях №№ 9-15 предпаромного парка. Двухсторонний коммерческий осмотр плетей при накатке/выкатке с парома осуществляют приёмщики поездов в обзорной зоне выставочного парка.

Маневровая работа на станции П производится маневровыми локомотивами, которые работают в пяти маневровых районах:

1) предпаромный парк:

– 1-й маневровый район – нечетная сторона приемо-отправочных путей №№ 2-5. Вытяжным путём служит участок пути от стрелки № 7 до входного сигнала Н. Основной характер работы – вытягивание составов поездов на путь № 19 для расформирования.

– 2-й маневровый район – нечетная сторона сортировочно-отправочных путей №№ 6-15, 17. Вытяжным путем служит путь № 19. Основной характер работы – расформирование составов.

– 3-й маневровый район – четная сторона предпаромного парка. Вытяжным путем служит путь № 22. Основной характер работы – окончание формирования составов поездов и маневровых передач, подача вагонов на пути отцепочного ремонта и экипировки, подача вагонов на путь № 25 для взвешивания на вагонных весах.

2) выставочный парк:

– 1-й маневровый район – нечетная горловина выставочного парка. Вытяжным путем служит участок пути от стрелки 1 до входного сигнала Н.

– 2-й маневровый район – четная горловина выставочного парка. Вытяжными путями служат пути №№ 15, 16, 17, 18 паромного района порта.

Основной характер работы 1-го та 2-го маневровых районов выставочного парка – окончание формирования маневровых передач в предпаромный парк и плетей на паром; подача и уборка вагонов с комплекса Ro-Ro и подъездных путей.

Во 2-ом маневровом районе выставочного парка допускается одновременная работа четырех маневровых локомотивов. При этом три локомотива производят накатку-выкатку вагонов на паром, а четвёртый – выполняет работу по подаче-уборке вагонов с комплекса Ro-Ro подъездных путей.

2.2 Береговой паромный комплекс В

Устройство берегового комплекса рассмотрено автором [9]. Общая компоновка берегового паромного комплекса В имеет некоторые отличия от паромного комплекса Ч. Это вызвано технологическими особенностями функционирования международной паромной переправы, в частности, необходимостью перестановки на комплексе В вагонов колеи 1520 мм на западноевропейские тележки, либо частичной перегрузки грузов в вагоны колеи 1435 мм и обратно. С этой целью сооружены дополнительные железнодорожные парки, пункты для перестановки вагонных тележек, перегрузки грузов и другие устройства.

Конструкция портовых устройств комплекса В аналогична описанной выше для паромного комплекса Ч.

Железнодорожная станция В-П (см. рисунок 2.5) включает: предпаромный парк 9 (ширина колеи 1520 мм); сортировочный парк 5 (шприца колеи 1435 мм) и приемо-отправочный парк 4 (ширина колеи 1435 мм); отправочный парк 2 на сортировочную станцию С; пункт 8 замены вагонных тележек; пункт 7 перегрузки грузов из вагонов колеи 1520 мм в западноевропейские вагоны и обратно; депо и пункт экипировки локомотивов 6.

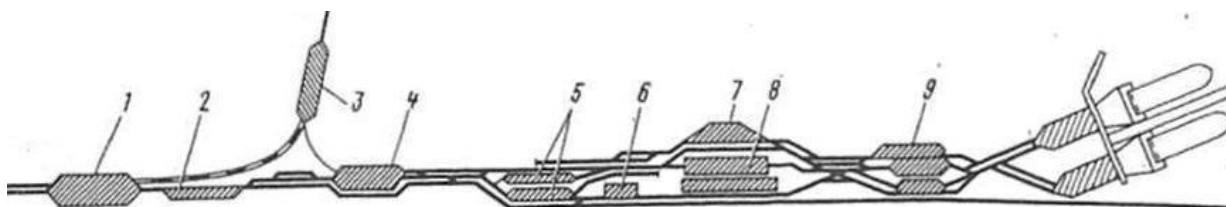


Рисунок 2.5 – Схема станции В-П и прилегающих к ней участков:

1 – ст. С; 2 – отправочный парк на ст. С; 3 – ст. Р; 4 – приёмо-отправочный парк; 5 – сортировочный парк; 6 – локомотивное депо; 8 – пункт перестановки вагонных тележек; 7 – пункт перегрузки; 9 – предпаромный парк.

Предпаромный парк (по своему назначению соответствует выставочному парку паромного комплекса Ч) служит для приема вагонов из паромы, передачи их к пунктам замены вагонных тележек и перегрузки грузов, а также для формирования плетей вагонов, подлежащих погрузке на паром. Парк состоит из трех пучков путей, два из которых (по восемь путей каждый) предназначены для приема вагонов из паромы и формирования плетей, подлежащих погрузке на паром, а третий (из пяти путей) предназначен для стоянки вагонов, подлежащих перегрузке. Горловина предпаромного парка станции В-П позволяет производить параллельную подачу вагонов на каждый подъемно-переходной мост.

Сортировочный парк предназначен для формирования в соответствии с каргопланом групп вагонов на тележках колеи 1435 мм, подлежащих погрузке на паром, а также для формирования групп вагонов для их передачи в приемо-отправочный парк. Сортировочный парк состоит из двух парков, причем каждый имеет восемь путей полезной длиной до 450 м. Со стороны станции С предусмотрена горка малой мощности.

Приемо-отправочный парк (по своему назначению соответствует предпаромному парку паромного комплекса Ч) служит для приема и отправления грузовых поездов. Он состоит из семи путей полезной длиной до 650 м каждый. В качестве отправочных используется восемь путей на станции С.

Стрелки и сигналы парков колеи 1520 и 1435 мм станции В-П включены в электрическую централизацию. В распоряжении работников паромного комплекса имеется телефонная связь и радиосвязь.

Перестановка вагонов колеи 1520 мм на западноевропейские тележки выполняется на перестановочном пункте (рисунок 2.6).

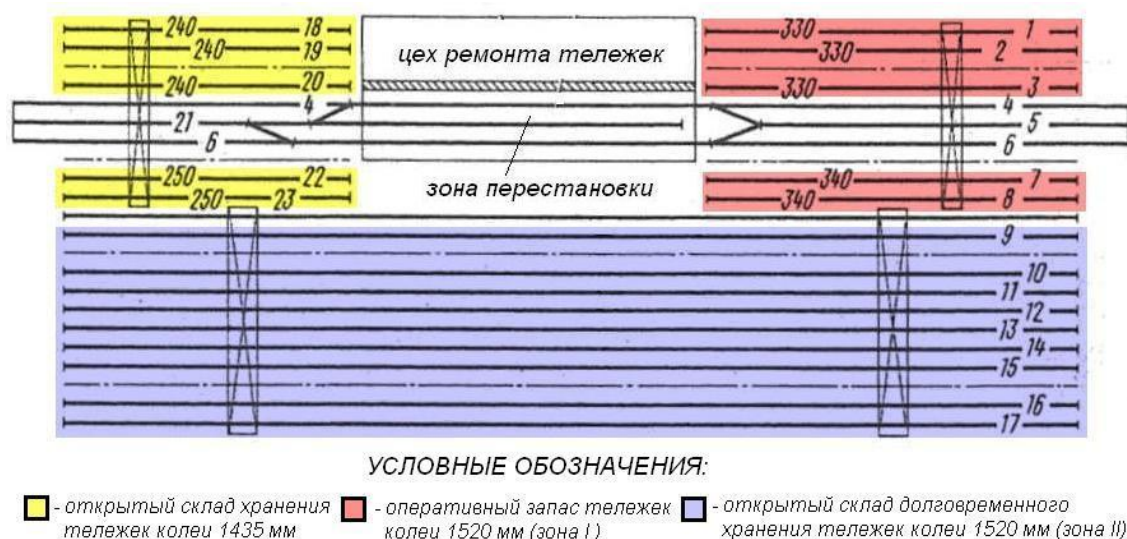


Рисунок 2.6 – Схема пункта перестановки тележек станции В-П

Пункт перестановки вагонных тележек представляет собой комплекс следующих сооружений и устройств:

- 1) Крытое здание павильонного типа, в котором расположены цех ремонта вагонных тележек и зона их перестановки, оснащенная двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 12,5 т каждый. В зону перестановки заведены сквозные железнодорожные пути 4 и 6, на которых производится перестановка и перекачка вагонных тележек. Тупиковый путь 21 используется для временного хранения тележек колеи 1435 мм. Для обеспечения подачи и вывода вагонных тележек указанные пути оборудованы маневровыми установками. Вдоль путей 4 и 6 установлено по 48 электрических передвижных винтовых домкратов ТЭД-30 (по четыре на каждый вагон). Домкраты управляются с одного пульта, что обеспечивает их синхронную работу. Одновременно на каждом пути производится перестановка тележек на 12 четырехосных вагонах.

Пункт перегрузки грузов состоит из следующих элементов:

1) Открытая площадка *I*, оснащенная двумя путями *1* и *2* длиной 350 м (колея 1520 мм) и двумя путями *3* и *4* длиной 350 м (колея 1435 мм). Полезная длина путей 200 м. Между путями *2* и *3* сооружена рампа шириной 12 м, на которую с обеих торцовых сторон может въезжать автотранспорт. На площадке установлено два козловых крана грузоподъемностью 12,5 и 20 т. Перегрузка из вагонов колеи 1520 мм в вагоны колеи 1435 мм и обратно осуществляется по двум вариантам: прямому (вагон-вагон) или через рампу.

2) Крытый склад *II* длиной 180 м и шириной 24 м, оборудованный холодильной установкой. Внутри склада проложены два железнодорожных пути *6* длиной 335 м (колея 1520 мм) и *7* длиной 350 м (колея 1435 мм). С наружных сторон склада проходят пути *5* длиной 335 м (колея 1520 мм) и *8* длиной 350 м (колея 1435 мм). Между путями *6* и *7* имеется рампа шириной 14 м, на которую с обеих торцовых ее сторон может въезжать автотранспорт.

3) Крытая рампа *III* длиной 215 м и шириной 8 м, на которую с обеих ее торцовых сторон может въезжать автотранспорт. Вдоль ramпы проходят два железнодорожных пути *9* и *10* длиной 440 м каждый (колея 1520 мм) и два пути *11* и *12* длиной 320 м каждый (колея 1435 мм).

4) Открытая перегрузочная площадка длиной 150 м и шириной 15 м. На ней уложен железнодорожный путь колеи 1520 мм. На площадке производится перегрузка грузов из вагонов на автотранспорт и обратно.

В районе пункта перегрузки грузов расположен пункт *IV* мелкого ремонта вагонов. Он имеет площадку, вдоль которой проходят железнодорожные пути *13* длиной 140 м (колея 1520 мм), *15* (колея 1435 мм) и *14* длиной 450 м (колеи 1520 и 1435 мм). Пункт ремонта вагонов оснащен краном.

В районе пункта перегрузки грузов имеются автомобильные весы грузоподъемностью 50 т и двое вагонных весов грузоподъемностью по 150 т.

2.3 Паромы и условия их плавания

На данной международной переправе эксплуатируются четыре трехпалубных парома (по два от каждой страны), которые предназначены для перевозки железнодорожных вагонов габарита 1-Т, 0-Т и 01-Т, а также авто-трейлеров, ролл-трейлеров и другой колесной техники.

Украинские и болгарские паромы однотипны и имеют практически одинаковые характеристики. Длина железнодорожных путей парома позволяет перевозить на нем до 108 вагонов. Грузоподъемность парома составляет 7560 т (108 вагонов \times 70 т брутто). Длина путей по палубам парома и размещение на них вагонов приведены на рисунке 2.8 и в таблице 2.2.

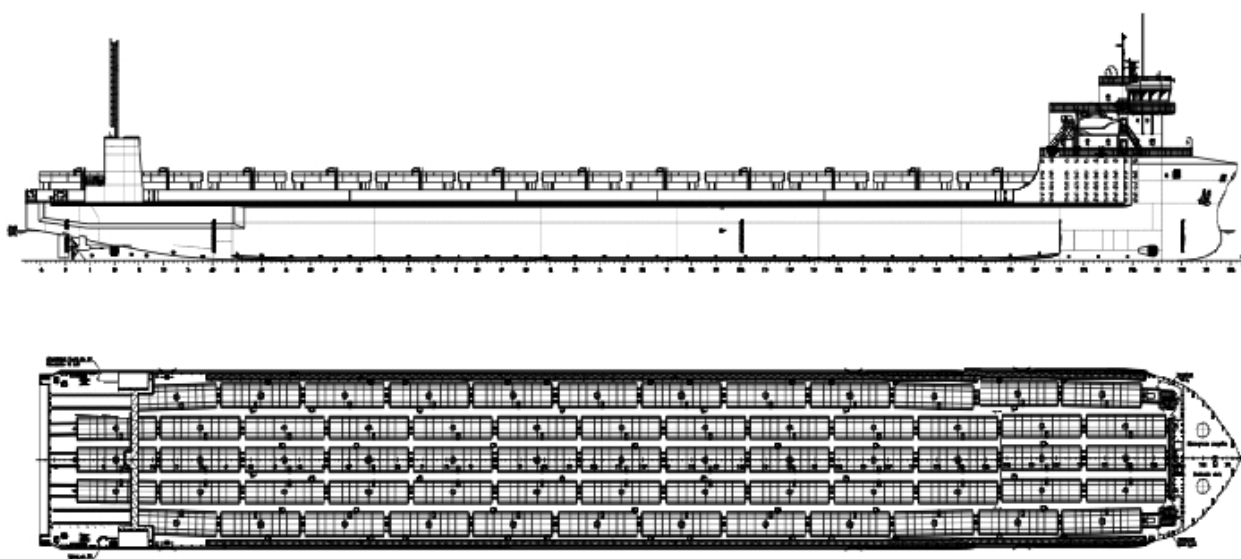


Рисунок 2.8 – Схема путевого развития и размещение вагонов на пароме

Таблица 2.2 – Длина путей на палубах и размещение на них вагонов

Палуба	Пути	Длина рельсовых путей, м		Количество вагонов
		общая	полезная	
Верхняя	А, Е	$2 \times 137 = 274$	$2 \times 118,5 = 237$	$2 \times 8 = 16$
	В, D	$2 \times 137 = 274$	$2 \times 132,5 = 265$	$2 \times 9 = 18$
	С	141	138	9
Главная	А, Е	$2 \times 137 = 274$	$2 \times 132 = 264$	$2 \times 9 = 18$
	В, D	$2 \times 157,5 = 315$	$2 \times 148 = 296$	$2 \times 10 = 20$
	С	166,8	165,3	11
Трюмная	В, D	$2 \times 77 = 154$	$2 \times 74,0 = 148,0$	$2 \times 5 = 10$
	С	96	92,5	6
Всего		1694,8	1605,8	108

Корпус парома – цельносварной с поперечной системой набора. Машинное отделение расположено в кормовой, а надстройки — в носовой части судна. В кормовой части главной палубы имеются гнезда для крепления берегового подъемно-переходного моста.

На пароме можно перевозить вагоны различной длины и массы. На путях главной палубы, на путях С трюмной (от кормы до лифта и на лифте) и верхней (от лифта до сектора и на секторе) палуб можно перевозить вагоны массой до 160 т. На главной палубе можно перевозить пятивагонные рефрижераторные секции, для подключения которых к судовой энергетической установке предусмотрены специальные устройства.

Для вертикального перемещения вагонов между главной, верхней и трюмной палубами установлен лифт, грузоподъемность которого составляет 170 т. Лифт имеет две платформы длиной по 30 м. На каждой платформе размещаются два вагона длиной 14,7 м. Люк лифта на верхней палубе размером 3,5×32 м закрывается водонепроницаемой крышкой, вращающейся на продольном шарнире при помощи гидравлического привода.

Вагоны, поданные лифтом на верхнюю и трюмную палубы парома, устанавливаются на штатные места судовыми локомотивами (унилоками), которые могут передвигаться как по рельсам на железнодорожных колесах, так и по стальной палубе на колесах с резиновой обкладкой. Кроме того, унилок может поворачиваться на месте вокруг своей оси, приподнимаясь на специальной опоре. Унилок сцепляют с вагонами стандартными автосцепками, а при необходимости он может подавать воздух в тормозные системы вагонов. Тяга унилока рассчитана на передвижение двух четырехосных вагонов любой грузоподъемности при допустимом дифференце парома.

Для горизонтального перемещения вагонов между путями имеются поворотные секторы с платформами: на верхней палубе – вместимостью два вагона, грузоподъемностью 175 т, радиус поворота 35 м; на трюмной – вместимостью один вагон, грузоподъемностью 90 т, радиус поворота 22 м. Секторы имеют гидравлический привод и по команде со специального пульта

управления могут поворачиваться и автоматически сцепляться с любым из путей на соответствующей палубе.

В кормовой части главной палубы у левого борта судна расположена рубка пульта управления процессом выката и наката вагонов. Пульт оснащен приборами для установления крена и дифферента судна, дистанционного управления балластной системой и светофорными огнями парома, проводной и беспроводной связью с пультами управления лифтом на трех палубах, с судовой телефонной станцией и с дежурными должностными лицами на паромном комплексе. Процессом выката и наката вагонов на паром руководит вахтенный помощник капитана, находящийся у пульта.

На железнодорожных путях парома и лифте предусмотрена система световых сигналов. На главной палубе над всеми железнодорожными путями установлены светофоры с зеленым и красным светом, разрешающие или запрещающие передвижение вагонов по соответствующему пути, а для лифта – светофоры на каждой палубе. Зеленый свет показывает, что рельсовые пути открыты для движения вагонов и локомотивов по лифту. Этот сигнал дублируется белым мигающим светом. Если лифт находится в движении, на все палубы подается сигнал желтым проблесковым светом, дублированный прерывистым звонком. Такие же сигналы подаются и при работе поворотного сектора.

Паром обслуживается экипажем в составе 50 чел. На судне может разместиться 12 пассажиров.

Расстояние между приемными буями Ч и В по рекомендованным курсам составляет около 230 миль. Гидрометеорологические условия в рассматриваемом районе характеризуются следующими данными:

– в течение летнего сезона ветры с бризовым характером – западные, северо-западные до северных утром и восточные, юго-восточные до южных – в полдень и за полдень, а в зимний период преобладают северные и северо-восточные ветры. Средняя скорость ветра в летний период 2,5-3 м/с, а в зим-

ний – 3,1-4,0 м/с. Восьмибалльные штормы в среднем за месяц: летом 0,1 дня, зимой — до 2 дней;

– пониженная видимость до 1000 м наблюдается летом 2-3, а зимой 3-5 раз в месяц или приблизительно 30 раз в год со средней продолжительностью 5-6 ч;

– течения слабые и в основном на юге; средняя скорость 0,1-0,5 узлов при спокойной погоде и до 3 узлов при продолжительном северном ветре.

2.4 Выводы по второму разделу

Украина и Болгария располагают потребным комплексом сооружений и устройств для осуществления регулярных международных грузовых перевозок в железнодорожно-паромном сообщении.

Международная паромная переправа Ч-В представляет собой мощный транспортный комплекс, в состав которого входят четыре крупнейших в Европе железнодорожных паромов (проектной вместимостью 108 универсальных железнодорожных вагонов колеи 1520 мм), береговых причальных сооружений в портах В и Ч, предпаромных железнодорожных станций, комплекса перестановки вагонных тележек (с железнодорожной колеи стран СНГ – 1520 мм на европейскую колею – 1435 мм).

Таким образом, созданы все предпосылки для успешных интермодальных международных перевозок в рамках транспортного коридора Европа - Кавказ - Азия (ТРАСЕКА).

3 АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПАРОМНОЙ ПЕРЕПРАВЫ

3.1 Анализ показателей функционирования паромной переправы

3.1.1 Показатели работы паромной линии. Несмотря на ряд преимуществ железнодорожно-паромных сообщений, их доля на рынке международных перевозок в настоящее время остается незначительной. Так, по данным [35], за первое полугодие 2015 г. морскими портами Украины переработано 73223,8 тыс. т различных грузов, в том числе 188,9 тыс. т грузов на пароме, что составляет 0,3% от общей переработки (рисунок 3.1).

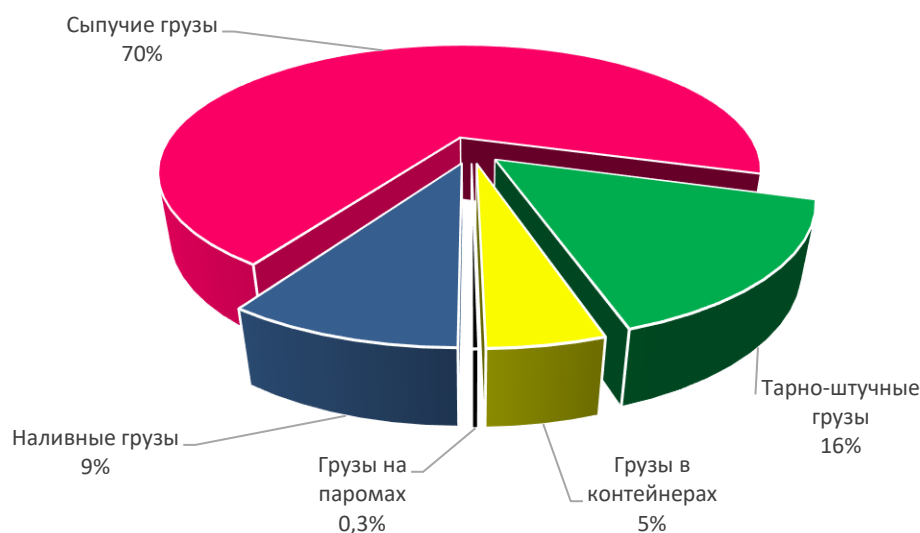


Рисунок 3.1 – Структура переработки грузов в портах

По данным [36] паромный комплекс Ч в 2018 году обслужил 284 судозахода. При этом, терминал обработал 1,296 тыс. тонн грузов, в том числе – 894,7 тыс. тонн грузовых автомобилей TIR, 37,8 тыс. тонн легковых автомобилей, 6,9 тыс. тонн ролл-трейлеров, 28,1 тыс. тонн скоропортящихся грузов, 0,2 тыс. тонн прочих продовольственных грузов, 329,1 тыс. тонн грузов в вагонах и вагонов порожних. Терминал обработал сверх плана 121,7 тыс. тонн грузов.

Следует отметить, что данные показатели далеки от проектных мощностей переправы. Об этом ярко свидетельствует средняя загрузка парома, которая в 2010 г. составила 43 вагона [36].

Конструкция судов, эксплуатируемых на паромных линиях Украины позволяет перевозить на них железнодорожные вагоны, грузовые автомобили и контейнеры. Грузооборот паромной линии по указанным видам перевозок представлен на рисунке 3.2.

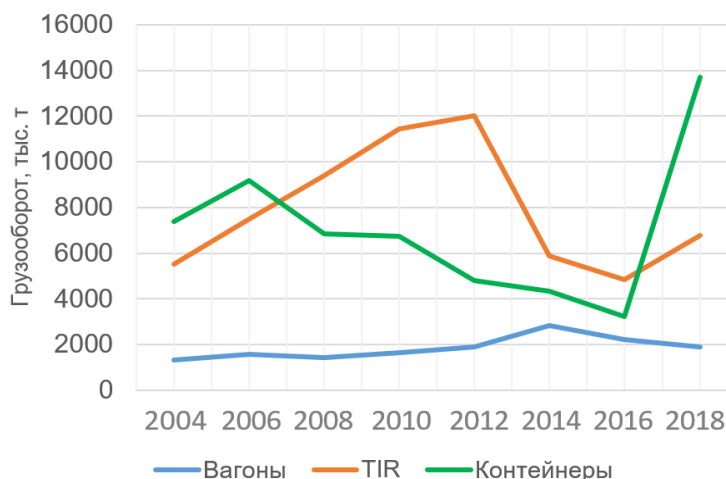


Рисунок 3.2 – Грузооборот паромной линии Ч

Как видно из рисунка, с 2004 года по настоящее время происходят изменения в соотношении этих перевозок. Если паромная линия изначально была задумана для перевозки вагонов, то, начиная с 2008 года, существенно растет доля перевозок грузовых машин и контейнеров на ролл-трейлерах [37]. Указанные обстоятельства существенно влияют на технологию обработки судов и показатели работы предпаромной железнодорожной станции.

3.1.2 Анализ работы станции П. Был проведен анализ статистических данных по работе железнодорожной станции П в период с января 2001 г. по март 2011 г. Фрагмент формы анализа приведен в Приложении Б.

Уровень выполнения основных качественных и количественных показателей работы станции П приведен в таблице 3.1. Анализируя данные таблицы можно сделать вывод, что доминирующей работой железнодорожной станции П в настоящее время является не обслуживание международной паромной переправы, а переработка вагонопотока на подъездные пути. Об этом также свидетельствует незначительная доля вагонов назначением на паром в составах прибывающих на станцию П поездов. Натурный лист характерного состава поезда приведен в Приложении Б.

Таблица 3.1 – Показатели работы станции П

Показатель	Период	Измери- тель	2009 г.	2010 г.			В срав- нении с 2009 го- дом, %
				план	факт	выпол- нение, %	
погрузка	месяц	тонны	857495	717547	669551	93,31	78,08
		вагоны	14445	13374	13179	98,54	91,24
	ср. сут.	тонны	2349,30	1965,88	1834,39	93,31	78,08
		вагоны	39,58	36,64	36,11	98,54	91,24
выгрузка	месяц	тонны	521578	-	942330	-	180,67
		вагоны	9980	18621,7	20720	111,27	207,62
	ср. сут.	тонны	1428,98	-	2581,73	-	180,67
		вагоны	27,34	51,02	56,77	111,27	207,62
грузоперера- ботка	месяц	тонны	137907 3	-	1611881	-	116,88
		вагоны	24425	31995,7	33899	105,95	138,79
	ср. сут.	тонны	3778,28	-	4416,11	-	116,88
		вагоны	66,92	87,66	92,87	105,95	138,79
импорт	месяц	тонны	98900	-	90906	-	91,92
		вагоны	2971	-	3239	-	109,02
	ср. сут.	тонны	270,96	-	249,06	-	91,92
		вагоны	8,14	-	8,87	-	109,02
экспорт	месяц	тонны	233726	-	232973	-	99,7
		вагоны	4457	-	4685	-	105,1
	ср. сут.	тонны	640,35	-	638,28	-	99,7
		вагоны	12,21	-	12,84	-	105,1
статнагрузка		т/ваг	59,36	53,65	50,8	94,7	85,6
простой под одной гр. оп.		часы	29,26	36,65	37,42	97,94	78,19
местный простой		часы	25,42	39,68	26,20	151,45	97,02

Кроме того, практикуется выборочная загрузка паромов вагонами. Так, по причине отдачи приоритета в загрузке паромов автомобилями, а не вагонами в августе 2016 г. средний простой вагонов на предпаромной станции составил 195,8 ч (8,2 суток), что на 90,6 часов больше аналогичного показателя августа 2015 г. Таким образом, как показала практика [38], из 20 отправленных паромов, 4 загружаются только автомобилями; при этом на станции простаивает около 200 вагонов. Данные факты отрицательно сказываются на экономической привлекательности паромных перевозок и требуют безотлагательного решения.

3.2 Правовое регулирование международных перевозок в прямом железнодорожно-паромном сообщении

Работа международной паромной переправы Ч-В, регламентируется рядом нормативных документов и международных договоров. Систематизированный перечень данных нормативно-правовых актов приведен в [39] и рассмотрен ниже.

Соглашение между Правительством Украины и Правительством Республики Болгария о совместной эксплуатации паромной переправы между портом И (Украина) и портом В (Республика Болгария) (далее Межправительственное соглашение).

Данное соглашение подписано 20 ноября 1995 года в г. София. Вступило в силу 14 марта 1997 года.

Межправительственным соглашением предоставлены полномочия Компетентным органам (Министерствам), железным дорогам и судоходным предприятиям Украины и Болгарии для заключения соглашений, договоров и протоколов, регулирующих технические, эксплуатационные и другие вопросы, вытекающие из него. Для обеспечения оперативного управления паромной переправой, а также для рассмотрения разногласий, возникающих в связи с применением Соглашения, правительства договорились создать Совет директоров по совместной эксплуатации паромной переправы. Кроме того, Межправительственным соглашением установлены такие важнейшие принципы работы переправы:

- для осуществления регулярного паромного сообщения между портами Ч и В судоходные предприятия Украины и Болгарии закрепляют по равному количеству паромных судов;
- условия эксплуатации и содержания рабочего парка вагонов паромной переправы, условия предоставления и пользования вагонами регулируются отдельным соглашением между железными дорогами и судоходными предприятиями;

- судоходные предприятия сторон руководствуются принципом права каждого судоходного предприятия на равное количество рейсов в течение календарного года;
- доходы судоходных предприятий сторон, получаемые от перевозок грузов в вагонах, распределяются в соответствии с числом рейсов, выполненных паромными судами каждого судоходного предприятия, на принципах финансового пула;
- для перевозки грузов в международном сообщении применяется единый перевозочный документ (накладная СМГС);
- паромные суда, транспортные средства и грузы, находящиеся на них, освобождаются от портовых сборов.

Положение о Совете директоров по совместной эксплуатации паромной переправы между портами И и В.

Положение принято в соответствии со статьей 6 Межправительственного соглашения на 1-м заседании Совета директоров по совместной эксплуатации паромной переправы 24-27 июля 1996 года в г. Пловдив (Болгария).

Совет директоров состоит из 8-и человек, по два представителя от Пароходства "Болгарский морской флот" АД (БМФ АД), Национальной компании "Болгарские государственные железные дороги" (БДЖ-ЕАД), Государственной администрации железнодорожного транспорта Украины "Укрзалізниця" (УЗ) и Судоходной компании "УкрФерри" (СК "УкрФерри") соответственно.

Основной задачей Совета директоров является практическая реализация Межправительственного соглашения. Совет директоров выполняет следующие функции:

- 1) Согласовывает объемы и номенклатуру грузов, планируемых к перевозке паромными судами;
- 2) Утверждает расписание работы паромных судов;

- 3) Рассматривает и утверждает мероприятия, направленные на выполнение согласованных объемов перевозок, повышение эффективности работы паромных судов, рабочего парка вагонов паромной переправы;
- 4) Принимает согласованные решения по совершенствованию тарифной политики, применяемой участниками международного прямого железнодорожно-паромного сообщения (МПЖС);
- 5) Утверждает технические условия эксплуатации паромных комплексов, другие нормативные документы, регламентирующие организацию перевозочного процесса через паромную переправу.
- 6) Рассматривает разногласия, возникающие при применении Межправительственного соглашения или в связи с ним.
- 7) Рассматривает и подает на рассмотрение компетентным ведомствам предложения по изменению либо дополнению Межправительственного соглашения, Правил МПЖС, а также настоящего Положения.
- 8) Утверждает регламент работы Совета директоров.

Правила перевозок грузов в вагонах в международном прямом железнодорожно-паромном сообщении между Украиной и Республикой Болгарией (Правила МПЖС).

Утверждены Министрами транспорта Украины и Республики Болгария в соответствии со статьей 13 Межправительственного соглашения 21 ноября 1995 года в г. София. Вступили в силу 14 марта 1997 года.

Правила регулируют условия перевозки экспортно-импортных и транзитных грузов в вагонах в международном прямом железнодорожно-паромном сообщении между портами Ч и В и вытекающие из них права, обязанности и взаимоотношения между железными дорогами, судоходными предприятиями Украины и Республики Болгария с отправителями и получателями грузов, а также определяют принципы расчетов за перевозку грузов.

Правила регламентируют порядок применения положений Соглашения о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС), Пра-

вил к Соглашению о международном прямом смешанном железнодорожно-водном грузовом сообщении (МЖВС), а также служебных инструкций к ним.

Все изменения и дополнения, вносимые в СМГС и МЖВС, применяются при перевозке грузов в МПЖС.

Перевозка грузов в прямом железнодорожно-паромном сообщении производится по накладной СМГС с включением в нее реквизитов для паромного участка перевозки между станциями, открытыми для грузовых операций на железных дорогах стран СНГ, Литовской Республики, Латвийской Республики и Эстонской Республики, и станциями, открытыми для грузовых операций с вагонами колеи 1520 мм на железных дорогах Республике Болгария, а также портами Ч и В.

Перевозки грузов транзитом на условиях Правил МПЖС между странами, железные дороги которых не участвуют в СМГС и МПЖС, осуществляются по железным дорогам Украины и Республики Болгария на условиях, согласованных экспедиторскими организациями с УЗ и БДЖ-ЕАД.

Правила открыты для присоединения к ним железных дорог других государств. Присоединение железных дорог других государств оформляется письменным заявлением, которое высылается Депозитарию Правил - Государственной администрации железнодорожного транспорта Украины.

Соглашение об организации эксплуатации грузовых вагонов в прямом железнодорожно-паромном сообщении между портом И и морским портом В.

Соглашение подписано в соответствии со статьями 3 и 8 Межправительственного соглашения на 5-м заседании Совета директоров паромной переправы 10 апреля 1998 года в г. Одесса. Вступило в силу со дня его подписания. В качестве сторон данного соглашения выступают: Государственная администрация железнодорожного транспорта Украины (Укрзализныця, УЗ), Национальная компания "Болгарские государственные железные дороги" (БДЖ-ЕАД), Судоходная компания "Укрферри" (СК "Укрферри") и Болгарский морской флот (БМФ АД).

Соглашение регулирует условия эксплуатации и пользования грузовыми вагонами на паромной переправе.

В соответствии с Соглашением железнодорожные администрации и судоходные предприятия Украины и Болгарии пользуются грузовыми железнодорожными вагонами собственности железнодорожной администрации Украины и железнодорожных администраций государств-участников Содружества Независимых Государств, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской Республики, при условии их присоединения к Правилам МПЖС в соответствии с § 27 Правил.

К перевозкам допускаются вагоны колеи 1520 мм удовлетворяющие техническим требованиям, действующим на железных дорогах государств СНГ, Латвии, Литвы и Эстонии.

Соглашением определен также порядок текущего содержания и ремонта поврежденных вагонов и тележек.

Определено, что при возврате грузовых вагонов на железные дороги Украины железнодорожная администрация Болгарии обеспечивает поименную подкатку (возврат) под вагон тех тележек колеи 1520 мм, которые были выкачены из-под этого вагона при перестановке его на тележки колеи 1435 мм.

Соглашением регламентируется порядок пономерного учета грузовых вагонов в железнодорожно-паромном сообщении и взаиморасчетов за пользование грузовыми вагонами 1520 мм и тележками колеи 1435 мм между железнодорожными администрациями и судоходными предприятиями. Взаиморасчеты за пользование вагонами и тележками производятся на основании Правил расчетов за пользование вагонами и тележками колеи 1435 мм в прямом международном железнодорожно-паромном сообщении между портом Ч и портом Варна (приложение 1 к Соглашению).

Ведение дел по Соглашению и выполнение функций депозитария возложены на Государственную администрацию железнодорожного транспорта Украины.

Правила эксплуатации грузовых вагонов государств-участников Содружества Независимых Государств, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской Республики и расчетов за пользование ими в прямом железнодорожно-паромном сообщении.

Правила утверждены на 21-м заседании Совета по железнодорожному транспорту СНГ 3-4 июня в г. Львов и введены в действие с момента их утверждения.

В Правилах учтены основные положения Соглашения об организации эксплуатации грузовых вагонов в прямом железнодорожно-паромном сообщении между портами Ч и В, а также введены дополнительные требования.

В Правилах конкретизированы процесс пономерного учета вагонов в железнодорожно-паромном сообщении, порядок технического обслуживания и ремонта вагонов, расчетов за пользование грузовыми вагонами, возмещения за повреждение и утрату вагонов и тележек в соответствии с нормативными документами принятыми Советом по железнодорожному транспорту СНГ.

3.3 Обеспечение интероперабельности железнодорожных систем

Интермодальные перевозки в прямом железнодорожно-паромном сообщении между портами Ч и В являются ярким примером интеграции разных видов транспорта в единую логистическую цепь поставок. Организация паромного сообщения между Украиной и Болгарией имеет следующие эксплуатационные и экономические преимущества [9]:

- создается самостоятельная прямая железнодорожная связь между двумя странами;
- обеспечивается круглогодичная беспрепятственная перевозка грузов;
- ускоряется доставка грузов, сокращаются их потери при перегрузке;
- значительно сокращаются расходы по транспортировке грузов.

В свою очередь успешная реализация интермодальных перевозок по данной технологии напрямую зависит от решения целого ряда проблем интероперабельности железнодорожных систем Украины и Болгарии.

3.3.1 Правовое обеспечение интероперабельности. Принятие решений в сфере технического регулирования в ЕС обеспечивается на уровне Парламента и Совета Европейского Союза. Решения в данной области оформляются в форме Директив, Регламентов или других документов - технических спецификаций эксплуатационной совместимости (интероперабельности) (далее - ТСИ), выполнение которых обязательное для всех членов ЕС [41].

Подготовку проектов этих решений, с технической стороны, а также разработку технической документации, в частности проектов ТСИ, которые имеют прямые ссылки на европейские стандарты и определяют уровень технической гармонизации и совместимости европейских железных дорог осуществляет Европейское железнодорожное агентство (ERA) и созданные им рабочие группы.

Директивы по эксплуатационной совместимости железных дорог определили задачи в области разработки ТСИ для подсистем железнодорожного транспорта, требования к их составлению и разработке методов сертификации (подтверждения соответствия) элементов железнодорожной системы требованиям спецификаций.

Непосредственно в ТСИ отражены основные параметры, т.е. любое регламентное, техническое и эксплуатационное условие, важное с точки зрения интероперабельности. Причем, каждый основной параметр должен быть связан, как минимум, с одним из основополагающих требований:

- безопасность;
- надежность и доступность;
- охрана здоровья;
- защита окружающей среды;
- техническая совместимость.

ТСИ определяют минимальный и максимальный уровень технической гармонизации и разрабатываются для всех подсистем железнодорожного транспорта.

Структура ТСИ позволяет определять и описывать:

- 1) Основополагающие требования для каждой подсистемы и границы взаимодействия с другими подсистемами;
- 2) Характеристику подсистемы (функциональные и технические спецификации, правила по эксплуатации, правила по содержанию, квалификация персонала, требования по безопасности и охране труда и т.д.);
- 3) Составные части эксплуатационной совместимости (перечень, допустимые характеристики и спецификации составных частей);
- 4) Оценку совместимости составных частей и подсистем, процедуры оценки соответствия или пригодности для использования элементов системы;
- 5) Указания по внедрению спецификации, в частности особые случаи технических решений;
- 6) указания по ревизии и изменению спецификации.

Требования относительно достижения эксплуатационной совместимости трансъевропейской системы обычных железных дорог относятся к проектированию, строительству, запуску в эксплуатацию, модернизации, обновления, эксплуатации и содержания составных частей этой системы, а также профессиональной подготовки и квалификации персонала, который принимает участие в эксплуатации и содержании системы.

В ЕС введение в эксплуатацию означает получение допуска на подсистему или ее составляющие национальным органом по вопросам железнодорожной безопасности. Орган по безопасности не даст согласия на эксплуатацию, если нотифицированный орган по сертификации не проведет оценки соответствия данной подсистемы или ее составляющих с получением положительных результатов в соответствии с требованиями ТСИ.

Окончательная задача – все элементы железнодорожной системы должны быть определены в соответствующих ТСИ и введены в правовое поле ЕС.

Правовые основы деятельности железнодорожной системы ЕС:

- 1) Правовые акты самого высокого уровня – решения Европейской Комиссии, дополнениями к которым являются ТСИ;

- 2) До введения соответствующих ТСИ по отдельным техническим вопросам – правовые акты стран ЕС в виде списков действующих технических предписаний и стандартов, с их нотификацией Европейской Комиссией. Эти акты должны быть опубликованы и общедоступны;
- 3) Другие общие для ЕС правовые акты, соблюдение которых является условием допуска устройств к эксплуатации;
- 4) Законодательство в сфере безопасной эксплуатации железнодорожной системы – Директива европейского Парламента и Совета 2004/49/ЕС от 29.04.2004 г. о безопасности на железных дорогах Содружества и др.

3.3.2 Интероперабельность железнодорожных систем. Техноэксплуатационная совместимость железных дорог Украины и Болгарии в МПЖС достигается за счет обеспечения использования вагонов колеи 1520 мм на сети Болгарских железных дорог (БДЖ-ЕАД) с учетом не только замены вагонных тележек, но и различия габаритов подвижного состава и приближения строений, конструкций тормозных и сцепных устройств [9].

Для обеспечения интероперабельности железнодорожных систем принят комплекс технических и технологических решений:

- 1) Грузы перевозятся в вагонах 1520 мм, а перестановка вагонных тележек производится на паромном комплексе В;
- 2) Небольшую часть грузов на паромном комплексе В из вагонов 1520 мм перегружают в западноевропейские вагоны;

С учетом принятой технологии перевозок на паромном комплексе В построены специальные пункты перестановки тележек и перегрузки грузов. Устройство данных объектов рассмотрено в Разделе 2 данной дипломной магистерской работы.

Перестановка тележек на специализированных перестановочных пунктах выполняется механизированным способом. Рельсовый путь на перестановочном пункте обеспечивает безопасное прохождение как тележек колеи 1435 мм, так и тележек колеи 1520 мм. Перед выполнением перестановки выполняется отсоединение рычажной передачи автотормозов. Вагоны рас-

ставляются напротив домкратов, после чего поднимаются ими на достаточную для выкатки тележек высоту. Вслед за выкаченными тележками колеи 1520 мм подкатываются заранее подобранные по высоте колёс тележки колеи 1435 мм. Свободные тележки хранятся на путях склада отдельно по каждой ширине колеи. При возвращении вагона на паромный комплекс обеспечивается «поименная подкатка» тележек колеи 1520 мм.

Однако возникают некоторые технические проблемы при перестановке отечественных вагонов на западноевропейские тележки. Как известно, вагоны колеи 1520 мм опираются на тележки через плоские пятниковые опоры, тогда как для западноевропейских вагонов применяются сферические пятниковые узлы. Решением данной проблемы является использование пятниковых адаптеров (рисунок. 3.3).

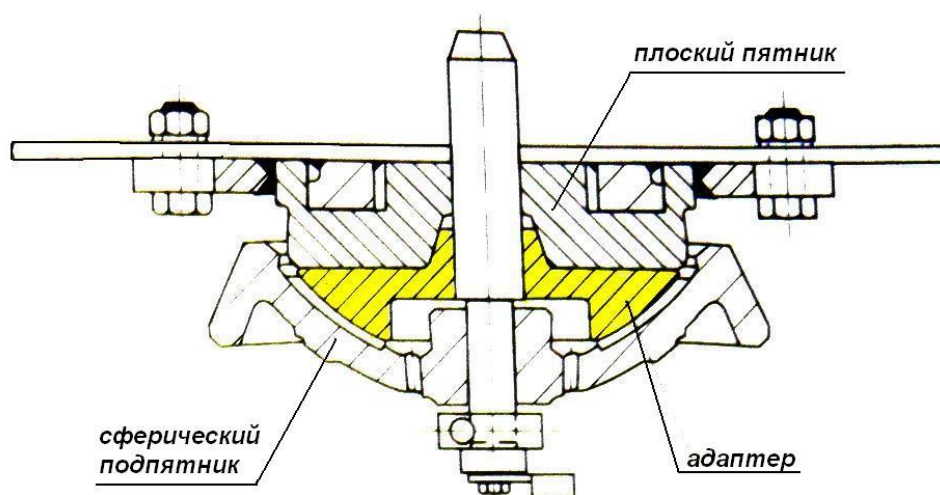


Рисунок 3.3 – Пятниковый адаптер

- 3) Проведена комплексная реконструкция основных направлений железнодорожной сети БДЖ-ЕАД, связывающих паромный комплекс с промышленными центрами страны: габариты болгарской инфраструктуры приведены в соответствие с габаритами подвижного состава 1520 мм; уложены вторые главные пути; проведены электрификация и оборудование направлений железнодорожной автоматикой и телемеханикой.
- 4) Обеспечена сцепка вагонов колеи 1520 мм с вагонами колеи 1435 мм.

Как известно, на европейских железных дорогах система автосцепки вагонов до сих пор не введена. Это обстоятельство, равно как разница в ширине колеи и разнотипность ходовых частей, составляет проблему совместной эксплуатации вагонов в международном сообщении.

В современных условиях данную проблему возможно решить несколькими способами:

- путем использования переходных вагонов;
- заменой тягово-ударных устройств в пунктах перестановки тележек;
- применением комбинированных сцепных устройств.

Наиболее распространенным способом формирования поездов из вагонов с различными системами сцепки является использования переходных вагонов (рисунок 3.4). После перестановки на западноевропейские тележки, вагоны колеи 1520 мм объединяются в группы. Каждая из таких групп подлежит прикрытию с обеих сторон переходными вагонами. Особенностью конструкции переходного вагона является наличие с одной его стороны автосцепки СА-3, а с другой – винтовой упряжи и буферов.

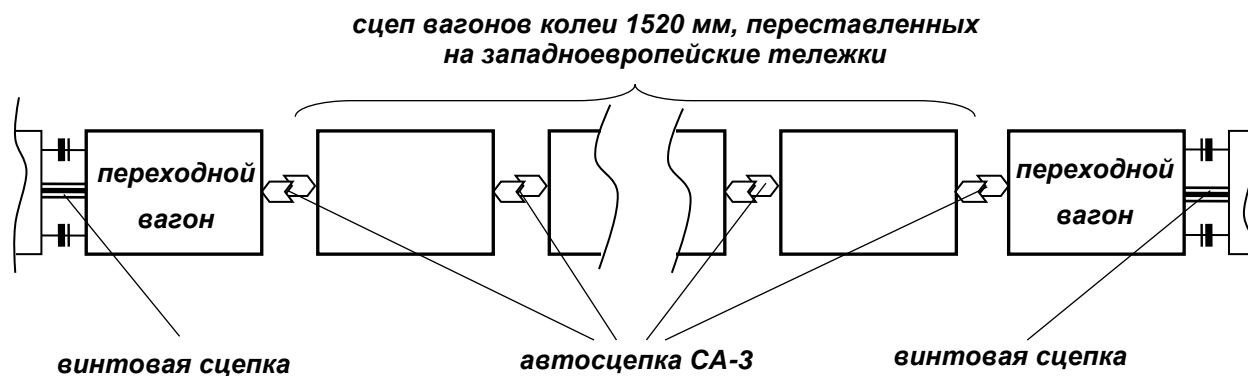


Рисунок 3.4 – Схема постановки в поезд вагонов
с различными системами сцепки

Возможную альтернативу данной технологии сцепления разнотипных вагонов предложила фирма КАМАХ [42]. В основу предложений данной фирмы положена идея сцепа с выдвигающимися буферами. На рис. 3.4 показана конструкция межвагонной сцепки с применением выдвигающихся буферов. Во время эксплуатации на железных дорогах стандарта 1520 мм вагон

оборудуется автосцепкой СА-3, буферы находятся в утопленном («коротком») положении (см. рисунок 3.5, *а*). При выходе вагона колеи 1520 мм на железную дорогу стандарта 1435 мм, в пункте перестановки тележек головка автосцепки СА-3 заменяется на крюк, а буферы выдвигают, переводя их в «длинное положение» (см. рис. 3.5, *б*)

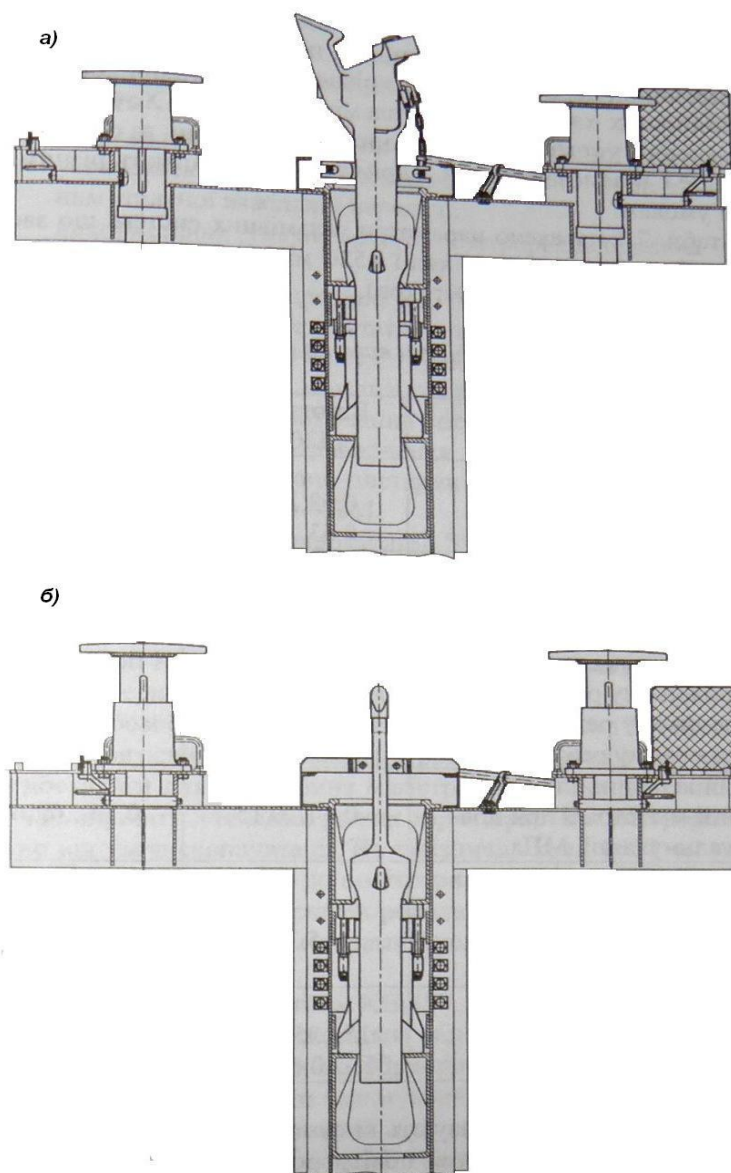


Рисунок 3.5 – Межвагонный сцеп с выдвигающимися буферами:

а – при эксплуатации на колее 1520 мм; *б* – при эксплуатации на колее 1435 мм.

Другим вариантом совместной эксплуатации разнотипных вагонов является применение комбинированных сцепных устройств. Французскими специалистами разработан сцеп комбинированного типа LAF, который приспособлен для работы как с автосцепкой СА-3, так и с винтовой упряжью. Сцепы

LAF и СА-3 являются взаимозаменяемыми. Поэтому, оборудование вагонов, предназначенных для эксплуатации на железных дорогах разных стандартов, комбинированным сцепом в паре с выдвигающимися буферами исключает необходимость замены тягово-ударных устройств в пунктах перехода.

Фирма SAB WABCO BSI также разработала смешанный сцеп СА-3 / винтовая упряжь. Данный сцеп состоит из головки автосцепки СА-3, которая шарнирно соединяется с хвостовиком так, что может поворачиваться относительно него в продольной вертикальной плоскости и фиксироваться в обоих крайних положениях. Хвостовик сцепа одним концом взаимодействует с поглощающим аппаратом аналогично СА-3. С противоположного конца хвостовик выполнен в виде крюка винтовой упряжи. Для соединения с автосцепкой СА-3 головка смешанного сцепа приводится в рабочее состояние, т.е. устанавливается в крайнее горизонтальное положение. Для эксплуатации на колее 1435 мм используется крюк.

3.4 Пути и основные проблемы дальнейшего развития паромных сообщений

В работе международной паромной переправы остается ряд открытых и спорных вопросов. Большинство из них связано с распределением ответственности между сторонами и финансовыми аспектами перевозочного процесса.

Наиболее злободневными являются факты погрузки болгарской стороной вагонов с просроченными (или истекающими) сроками плановых ремонтов, особенно следующих транзитом в третьи страны. Возникает ситуация, когда БДЖ-ЕАД грузит вагон, после чего он простаивает до 7,5 суток в ожидании парома, некоторое время следует на пароме, потом по территории Украины, а когда прибывает на стык с Россией, его не принимают в силу названных причин. Украинские железные дороги из-за этой несогласованности в действиях несут существенные убытки. Поэтому следует законодательно закрепить запрет на погрузку вагонов, срок планового ремонта которых истек или истекает менее чем через 30 суток.

Другой серьезной проблемой являются случаи нарушения порядка приема и сдачи вагонов и грузов на паромных комплексах в коммерческом и техническом состоянии, что впоследствии приводит к значительным задержкам в доставке. Во избежание подобных браков на паромных комплексах сторонами отмечена необходимость ужесточения требований к контролю вагонов при приеме. Однако конкретные решения по данному вопросу до сих пор не приняты.

Болгарская сторона активно настаивает на приемлемости использования вагонного парка УЗ для прямых паромных сообщений в порты Грузии. Однако в этой ситуации, из-за несовершенства системы информатизации грузинских железных дорог, невозможно отследить фактическую дислокацию вагонов. Следовательно, до устранения данной проблемы подобное использование украинского подвижного состава остается недопустимым.

Не полностью решены и проблемы интероперабельности украинских и болгарских железнодорожных систем. В частности принятая технология совместной постановки в поезда с различными типами сцепных устройств (использование переходных вагонов) вызывает определенные трудности в эксплуатации. Принимая во внимание планировавшийся ввод автосцепки на железных дорогах европейских стран, данное технологическое решение принималось как временная мера. Однако и до сих пор указанная технология является доминирующей. Применение же ближайшей перспективе передовых методов совместной эксплуатации разнотипного подвижного состава (комбинированные сцепки, вагоны нового поколения и др.) сторонами не рассматривается.

Остается несовершенной нормативная база, регламентирующая перевозки в МПЖС. С целью достижения уровня европейских стандартов в области эффективного и безопасного транспорта Действующая в Болгарии законодательная база гармонизирована с европейской. Созданы условия для изменения прав собственности в транспортном секторе и привлечения на рынок транспортных услуг большого числа частных компаний.

1 января 2002 г. вступил в силу Закон Болгарии о железнодорожном транспорте, согласно которому Национальная Компания "Български Държавни Железници" (БДЖ) была разделена на два отдельных предприятия: оператор (БДЖ-ЕАД) и инфраструктурная компания (НК "ЖИ").

Координация и мониторинг деятельности в области железнодорожного транспорта осуществляется Исполнительным агентством "Железнодорожната администрация" со штаб-квартирой в Софии.

Однако данные структурные изменения не учтены в действующих международных договорах с Болгарией, что создает условия для возникновения дополнительных спорных вопросов в эксплуатации паромной переправы. В данный момент Кабинетом Министров Украины направлено в парламент распоряжение о денонсации Межправительственного соглашения.

3.5 Выводы по третьему разделу

Анализируя работу международной паромной переправы, следует сказать, что доля экспортно-импортных грузов, перевезенных в МПЖС, от общего объема международных перевозок грузов железнодорожным транспортом Украины составляет совсем незначительную часть.

При эксплуатации 4-х паромов только в направлении Ч-В в 1988 г. объем перевозок составлял около 3,3 млн. т. Таким образом, в настоящее время международная паромная переправа, с учетом перевозок в порты Грузии и Турции, используется не более чем на 15% от своей общей провозной способности. Очевидный существующий резерв транспортных услуг не используется.

Остаются нерешенными некоторые правовые вопросы, касающиеся функционирования паромной переправы. Требуется безотлагательная гармонизация нормативной базы с европейским транспортным правом.

Также ощущается острый дефицит в применении новейших подходов и технических решений в обеспечении интероперабельности железнодорожных систем Украины и Болгарии.

Можно сделать вывод, что в настоящее время показатели работы железнодорожно-паромной переправы в силу ряда причин нельзя назвать удовлетворяющими интересы субъектов внешнеэкономической деятельности. Это можно объяснить не только неблагоприятным состоянием экономики государств, а и недостаточным вниманием к созданию комплексной технико-экономической системы управления работой паромной переправы, полным отсутствием совместных маркетинговых исследований, с оперативным решением некоторых вопросов и постоянной работы в направлении дальнейшего стратегического развития и сотрудничества договорных сторон.

Нынешние тенденции в организации интермодальных перевозок диктуют необходимость совместной разработки принципиально новых решений комплексного технического, технологического, финансово-экономического управления эксплуатационной работой паромной переправы, которые бы в полной мере обеспечивали решения вопросов интероперабельности железнодорожных систем и интерсоединяемости видов транспорта.

4 ОПТИМИЗАЦИЯ КАРГОПЛАНА ПОГРУЗКИ ПАРОМА

4.1 Постановка задачи

Наиболее трудоемкой и длительной технологической операцией, выполняемой на предпаромной станции, является формирование плетей вагонов. Продолжительность формирования плетей, при всех других равных условиях, напрямую зависит от первоначального размещения экспортных вагонов в составах поездов, прибывающих на паромный комплекс, и принятого порядка их расстановки по палубам парома (каргоплана). Следовательно, для каждого конкретного случая первоначального размещения экспортных вагонов в составах поездов существует вариант каргоплана, который, при выполнении всех ограничений по загрузке парома, обеспечивал бы наименьшую продолжительность формирования плетей на предпаромной станции. Таким образом, выбор варианта каргоплана парома является оптимизационной задачей.

Пусть на предпаромной станции в любой момент времени имеется 108 случайным образом размещенных вагонов назначением на паром. Необходимо составить каргоплан погрузки парома таким образом, чтобы:

1) Выполнялись ограничения по загрузке парома:

- суммарная масса всех вагонов, расположенных на крайних путях всех палуб у одного из бортов парома, не превышала массу вагонов, расположенных на крайних путях всех палуб у противоположного борта, более чем на 400 т;
- суммарная длина вагонов, установленных на каждом палубном пути, не должна превышать длины этого пути;
- суммарная длина пары вагонов, которая, в соответствии с принятой технологией, накатывается на лифт, не должна превышать 29,4 м;
- суммарная масса пары вагонов, которая, в соответствии с принятой технологией, накатывается на лифт, не должна превышать 170 т.

2) Обеспечивалась минимальная продолжительность формирования плетей в соответствии с принятым порядком расстановки вагонов по путям парома.

Существуют также дополнительные требования к расстановке вагонов на пароме, связанные с перевозкой тяжеловесных, негабаритных и опасных грузов. В данной работе эти требования не учитываются, т.к. доля вагонов с такими грузами незначительна, а учет их приведет к существенному усложнению задачи оптимизации каргоплана.

Также в задаче принимается допущение, что в любой момент времени на предпаромной станции находится количество вагонов, равное 100% загрузке парома (108 вагонов).

Предполагается, что когда количество имеющихся на станции вагонов равно вместимости главной палубы или меньше ее, то погрузка производится только на главную палубу, вагоны распределяются по путям пропорционально их вместимости. Если количество имеющихся вагонов больше вместимости главной палубы: главная палуба загружается полностью, а верхняя и нижняя – пропорционально их вместимости.

Если же число имеющихся на станции вагонов превышает общую вместимость парома, то из их количества, исходя из оперативной обстановки, определенным образом отбираются 108 вагонов для первоочередного отправления на пароме.

Таким образом, варианты с недостаточным или избыточным, относительно полной загрузки парома, количеством вагонов, находящихся на станции, в данной задаче не рассматриваются, т.к. каргоплан для таких условий, будет являться частным случаем базового каргоплана (составленного для загрузки 108 вагонов).

Число возможных вариантов каргоплана, которое определяет размерность данной оптимизационной задачи, представляет собой количество перестановок без повторений из 108 элементов:

$$A_{108} = 108!$$

Ввиду большой размерности задачи, она не имеет точного решения. Поэтому для поиска оптимального каргоплана необходимо применять статистические методы.

4.2 Методика решения

Решение данной оптимизационной задачи производится в три этапа:

1) Моделирование множества допустимых вариантов каргоплана парома – поиск таких вариантов расстановок вагонов по палубным путям, которые бы удовлетворяли всем ограничениям по загрузке парома. В результате моделирования необходимо получить распределение вагонов исходного состава по плетям и условным местам на палубных путях парома.

2) Используя результаты, полученные на первом этапе оптимизации, осуществляется моделирование сортировки вагонов внутри каждой плети. Целью данной сортировки является достижение необходимой последовательности расстановки вагонов плети в соответствии с принятым порядком их накатки на паром. В результате моделирования необходимо получить продолжительность формирования плетей для каждого из допустимых вариантов каргоплана парома.

3) На заключительном этапе оптимизации из множества допустимых вариантов каргоплана определяется тот вариант каргоплана, который обеспечивает наименьшую продолжительность формирования плетей. Данный вариант является решением задачи.

4.3 Моделирование множества допустимых вариантов каргоплана

Учитывая большую размерность задачи оптимизации каргоплана парома, варианты расстановки вагонов по палубам моделируется с помощью ЭВМ. Программа моделирования каргоплана KARGO разработана кафедрой «Транспортные узлы» ДНУЖТ.

4.3.1 Подготовка исходных данных.

На пароме имеется 13 палубных путей с различной вместимостью. Данные о палубных путях приведены в таблице 4.1. На каждом палубном пути, согласно его длине, выделены условные места расстановки вагонов (см. рисунок 4.1). Нумерация мест по палубным путям сквозная для всего парома и соответствует принятой последовательности накатки вагонов.

Для однозначной идентификации номеров мест, в программе каждому из них необходимо присвоить код. Код места образуется путем объединения номера условного места (столбец 6, табл. 4.1) с номером палубного пути (столбец 3, табл. 4.1), на котором данное место находится. Например: условное место 02 находится на пути А верхней палубы парома. Путь А верхней палубы, в соответствии с табл. 4.1, имеет номер 01. Для идентификации данного места в программе ему следует присвоить код 201.

Таблица 4.1 – Данные о палубных путях парома

Палуба	Путь	Номер	Полезная длина, м	Вместимость, ваг.	Условные места
1	2	3	4	5	6
Верхняя	A	01	118,5	8	2; 1; 8; 7; 14; 13; 20; 19
	B	02	132,5	9	26; 25; 32; 31; 40; 39; 44; 43; 48
	C	03	138,0	9	50; 49; 52; 51; 55; 57; 56; 54; 53
	D	04	132,5	9	29; 28; 36; 35; 42; 41; 46; 45; 47
	E	05	118,5	8	5; 4; 11; 10; 17; 16; 23; 22
Главная	A	06	132,0	9	97; 96; 95; 94; 93; 92; 91; 90; 89
	B	07	148,5	10	79; 78; 77; 76; 75; 74; 73; 72; 71; 70
	C	08	165,3	11	108; 107; 106; 105; 104; 103; 102; 101; 100; 99; 98
	D	09	148,5	10	69; 68; 67; 66; 65; 64; 63; 62; 61; 60
	E	10	132,0	9	88; 87; 86; 85; 84; 83; 82; 81; 80
Трюмная	B	11	74,0	5	6; 12; 18; 24; 30
	C	12	92,5	6	33; 34; 59; 58; 37; 38
	D	13	74,0	5	3; 9; 15; 21; 27

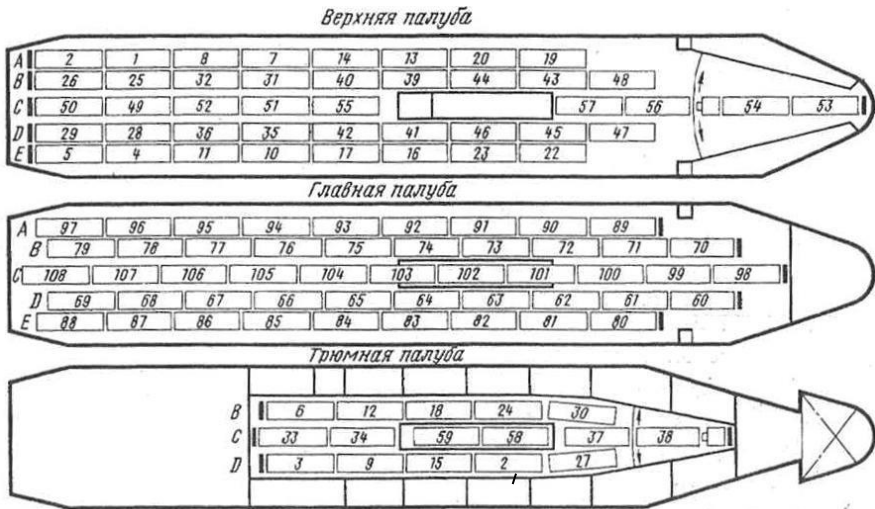


Рисунок 4.1 – Расположение условных мест по палубным путям парома

Для уменьшения количества вариантов каргоплана, исходное множество S вагонов на паром следует предварительно разделить на два подмножества:

- S_1 – вагоны, которые по своим параметрам (масса, длина) рекомендованы для накатки через лифт;
- S_2 – вагоны, которые подлежат перевозке на главной палубе.

Отбор вагонов для подмножества S_1 следует производить исходя из их параметров по следующему принципу: с целью обеспечения выполнения ограничений по лифту, для накатки на верхнюю и трюмную палубы следует подбирать вагоны с минимальной длиной и массой. То есть, в подмножество S_1 в первую очередь следует определить вагоны, длина которых не превышает 14,7 м, а масса брутто – 85 т. В подмножество S_2 вагоны записываются по остаточному принципу.

Условные места верхней и трюмной палуб, на которые с помощью лифта попарно накатываются вагоны можно представить в виде матрицы U :

$$U = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 & 10 & 13 & 16 & 19 & 22 & 25 & 28 & 31 & 33 & 35 & 37 & 39 & 41 & 43 & 45 & 47 & 49 & 51 & 53 & 56 & 58 \\ 2 & 5 & 8 & 11 & 14 & 17 & 20 & 23 & 26 & 29 & 32 & 34 & 36 & 38 & 40 & 42 & 44 & 46 & 48 & 50 & 52 & 54 & 57 & 59 \end{bmatrix}. \quad (4.1)$$

В матрице (4.1) каждый j -й столбец представляет собой пару мест, для накатки на которые соответствующая пара вагонов должна подниматься (опускаться) лифтом. Всего на пароме 24 пары таких мест. Следовательно, данное распределение вагонов на подмножества снизит количество возможных вариантов каргоплана со $108!$ до $48! \times 60!$

Исходные данные для программы KARGO представляются в виде текстового файла с именем `parom!`. Данный файл должен состоять из трех столбцов и 108-ми строк (см. рисунок 4.2). В первый столбец записываются коды условных мест палубных путей. Во второй и третий столбцы заносятся данные, соответственно, о длине и массе вагонов в составе. Первые 48 строк файла должны содержать информацию о парах мест и вагонах, подлежащих попарной накатке на них с использованием лифта. Данные в строках следует разделять знаками табуляции; дробную часть от целой отделять точкой. Текст файла исходных данных приведен в Приложении А.

код <u>условного</u> места	длина вагона	масса брутто вагона	
101	12.33	59	48 строк с местами и вагонами для попарной накатки с помощью лифта
201	12.33	59	
405	12.33	59	
505	12.33	59	
...			
1005	14.5	32	60 строк для остальных мест и вагонов
1105	14.5	32	
...			
5703	14.5	82	
5812	14.5	87	
5912	14.5	87	
313	14.5	87	
...			
10708	12.91	76	
10808	12.91	106	

10
05

номер
места
номер
пути

Рисунок 4.2 – Фрагмент файла исходных данных parom!

4.3.2 Алгоритм моделирования каргоплана

Укрупненная блок-схема алгоритма моделирования вариантов допустимого каргоплана приведена на рисунке 4.3.

После ввода исходных данных следует задать количество N успешных реализаций модели. Затем программой выполняется случайная перестановка вагонов в каждом из подмножеств (S_1 и S_2). В результате этого получается вариант случайного размещения вагонов по условным местам на палубных путях парома.

Полученный вариант расстановки вагонов проверяется на выполнение ограничений по загрузке парома и лифта:

1) Допустимая разница суммарных масс вагонов по каждому борту парома обеспечивается при выполнении следующего условия:

$$|\sum Q_i - \sum Q_j| \leq 400, \quad (4.2)$$

где Q_i – суммарная масса вагонов, установленных на i -ом крайнем пути у правого борта парома, где $i = \{04; 05; 09; 10; 13\}$;

Q_j – суммарная масса вагонов, установленных на j -ом крайнем пути у левого борта парома, где $j = \{01; 02; 06; 07; 11\}$.

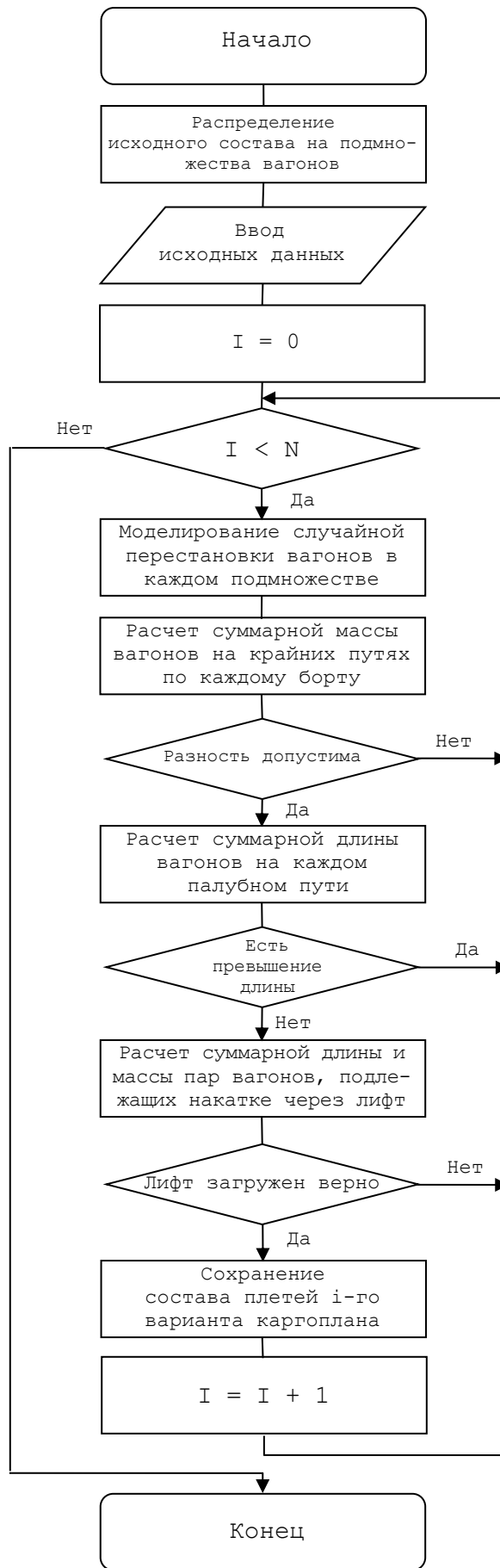


Рисунок 4.3 – Укрупненная блок-схема алгоритма моделирования допустимых вариантов карго-плана

2) Необходимо проверить соответствие вместимости каждого палубного пути суммарной длине вагонов, установленных на нем. В случае, когда превышений суммарной длины вагонов над длинами путей, на которых они установлены, не выявлено, следует перейти к следующему шагу проверки. В противном случае – вернуться на этап моделирования случайной расстановки вагонов по условным местам.

3) На заключительном шаге выполняется проверка возможности попарного подъема (опускания) вагонов назначением на условные места, указанные в матрице (4.1). Длина каждой такой пары вагонов не должна превышать 29,4 м, а масса брутто – 170 т. В противном случае, вагоны пар, где данные условия не выполняются, будут подниматься (опускаться) лифтом последовательно. Данный порядок накатки вагонов является отступлением от принятой технологии и, как результат, вызовет увеличение продолжительности погрузки паром. Поэтому такой вариант расстановки вагонов следует считать условно недопустимым. В исключительных случаях, когда допустимый каргоплан найти не удалось (в силу неблагоприятных параметров экспортных вагонов), за допустимый каргоплан следует принять вариант расстановки вагонов, обеспечивающий наименьшее количество нарушений загрузки лифта.

В случае, когда в ходе проверки очередного варианта расстановки вагонов, нарушений по ограничениям не выявлено, данный вариант следует считать допустимым каргопланом.

Результатом моделирования каждого допустимого варианта каргоплана является вывод соответствующих ему составов плетей. Для обеспечения наименьшей продолжительности накатки вагонов на паромном комплексе Ч приняты следующие составы экспортных плетей: I, III, IV плети – по 30 вагонов каждая, II плеть – 18 вагонов. При этом вагоны в каждой плети должны находиться в строгой последовательности, согласно принятой технологии накатки на паром. Распределение вагонов плетей по условным местам палубных путей парома показано на рисунке 4.4.

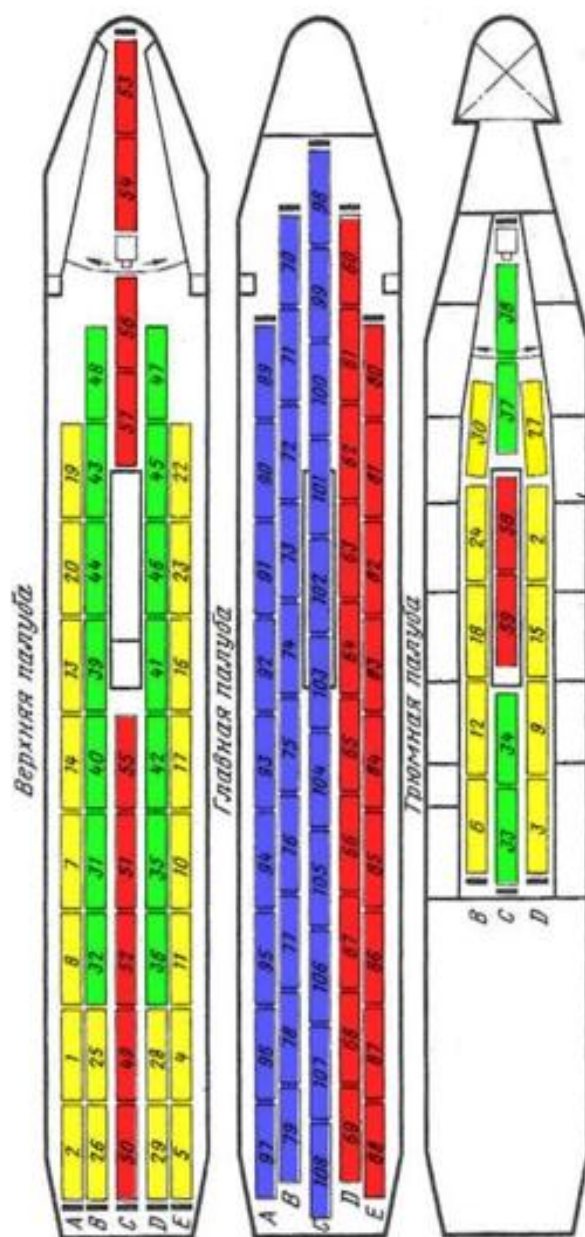


Схема формирования плетей

Плеть	Вагоны плети																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
II	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48												
III	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	80	81	82	83	84	85	86	87	88
IV	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108

Рисунок 4.4 – Распределение вагонов плетей по условным местам палубных

В соответствии с принятой на паромном комплексе Ч схемой формирования плетей (см. рис. 4.4) программой KARGO, после проверки выполнения всех ограничений, выводятся списки плетей (рисунок 4.5). При этом каждый такой список представляет последовательность номеров групп вагонов на специализированном пути предпаромного парка, которая получится после расформирования исходного состава согласно i -го допустимого каргоплана.

Путь	1	l=113.83	q=	463	}	<i>протокол проверки ограничений по разности загрузки бортов и вместимости палубных путей</i>
Путь	2	l=128.33	q=	635		
Путь	3	l=131.38	q=	644		
Путь	4	l=126.16	q=	502		
Путь	5	l=113.83	q=	523		
Путь	6	l=131.85	q=	704		
Путь	7	l=147.83	q=	743		
Путь	8	l=163.49	q=	927		
Путь	9	l=143.62	q=	876		
Путь	10	l=125.77	q=	705		
Путь	11	l=72.97	q=	415		
Путь	12	l=84.83	q=	349		
Путь	13	l=72.97	q=	450		
Вес слева = 2960, Вес справа = 3056 Разность = 96						
На лифте пара	1- 2,	длина=26.83,	вес=	91	}	<i>протокол проверки ограничений по загрузке</i>
На лифте пара	7- 8,	длина=29.00,	вес=	74		
На лифте пара	35-36,	длина=26.83,	вес=	101		
На лифте пара	31-32,	длина=26.83,	вес=	111		
На лифте пара	37-38,	длина=29.00,	вес=	84		
На лифте пара	10-11,	длина=29.00,	вес=	84		
На лифте пара	28-29,	длина=26.83,	вес=	111		
На лифте пара	45-46,	длина=29.00,	вес=	104		
На лифте пара	16-17,	длина=26.83,	вес=	141		
На лифте пара	53-54,	длина=29.00,	вес=	134		
На лифте пара	51-52,	длина=29.00,	вес=	114		
На лифте пара	41-42,	длина=29.00,	вес=	134		
На лифте пара	25-26,	длина=29.00,	вес=	114		
На лифте пара	58-59,	длина=26.83,	вес=	141		
На лифте пара	4- 5,	длина=29.00,	вес=	134		
На лифте пара	33-34,	длина=29.00,	вес=	124		
На лифте пара	39-40,	длина=29.00,	вес=	164		
На лифте пара	22-23,	длина=29.00,	вес=	164		
На лифте пара	19-20,	длина=29.00,	вес=	164		
На лифте пара	43-44,	длина=29.00,	вес=	164		
На лифте пара	47-48,	длина=29.00,	вес=	134		
На лифте пара	13-14,	длина=29.00,	вес=	134		
На лифте пара	49-50,	длина=29.00,	вес=	139		
На лифте пара	56-57,	длина=29.00,	вес=	169		
Плети						
29 17 2 1 25 10 8 7 11 14 28 5 16 26 4 20 22 23 19 13 9 30 12 27 24 21 6 3 15 18						
36 32 37 33 35 31 38 46 42 47 45 41 43 34 40 39 44 48						
59 52 53 50 54 51 58 56 49 57 67 80 85 66 87 88 62 82 60 63 69 55 65 64 84 68 83 61 81 86						
91 99 96 97 94 107 100 74 75 70 95 106 72 90 108 102 78 71 103 79 89 105 73 104 101 93 98 76 92 77						
результат						

Рисунок 4.5 – Пример результата моделирования в программе KARGO

4.4 Расчет продолжительности формирования плетей

По своей сути плетъ вагонов является многогруппным составом. Характерной особенностью такого многогруппного состава есть равенство в нём количества вагонов m и числа групп g . Данный факт отягощает и без того трудоёмкий процесс переработки вагонов на предпаромной станции. Следовательно, технология формирования экспортных плетей оказывает существенное влияние на продолжительность переработки вагонов на паромном комплексе и не может быть рассмотрена опосредованно.

4.4.1 Начальная неупорядоченность состава

Многогруппный состав рассматривается как множество вагонов C , которое можно разделить на подмножества (группы G) в соответствии с назначением вагонов:

$$C = \{G_1, G_2, \dots, G_k\}. \quad (4.3)$$

В сформированном составе вагоны должны быть собраны по группам, а сами группы должны быть расположены в необходимой последовательности; при этом порядок вагонов внутри групп безразличен. Пронумеруем группы сформированного состава порядковыми номерами $g = 1, \dots, k$, начиная с хвоста, и поставим в соответствие каждому вагону группы ее номер. Тогда всякую перестановку n вагонов состава можно представить упорядоченным множеством номеров групп:

$$S = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}, \quad (4.4)$$

где g_i – номер группы, к которой принадлежит i -й вагон состава.

Перед началом формирования вагоны состава расположены случайным образом (в порядке их поступления на путь накопления). В сформированном составе вагоны должны быть упорядочены по возрастанию номеров групп g_i . Очевидно, что объем маневровой работы по формированию состава зависит от начальной неупорядоченности состава, которую можно характеризовать числом чтений θ перестановки S [43]. Как показали исследования автора [43], целесообразно заменить действительные номера групп g_i в (4.4) логическими номерами (ЛНГ) γ_i , представляющими собой номер чтения, при

котором читается номер g_i . При этом состав S (4.2) можно представить списком ЛНГ:

$$S^* = \{ \gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n \}, \text{ где } \gamma_i = 0, 1, \dots, \theta - 1 \quad (4.5)$$

Число логических групп θ в составе является случайной величиной и зависит от упорядоченности исходного состава ($1 \leq \theta \leq k$); очевидно, что при $\theta = 1$ состав упорядочен и не нуждается в формировании.

Степень сокращения δ числа групп при замене действительных номеров g_i логическими γ_i зависит от исходного числа групп k . По мере роста k степень сокращения числа ЛНГ увеличивается и достигает максимума при $k = n$ (каждая группа состоит из одного вагона). В этом случае среднее значение числа ЛНГ $\bar{\theta} = (k + 1)/2$, т.е. начальное число номеров групп сокращается почти вдвое ($\delta \approx 50\%$). Данная зависимость имеет место, если все назначения вагонов равновероятны, что полностью совпадает с условиями формирования плетей на паром.

Автором [44] разработан алгоритм определения ЛНГ для вагонов исходного состава, основанный на преобразовании перестановок. При этом число чтений θ перестановки S равно числу возрастающих отрезков в перестановке S^{-1} , обратной к S . Множеству S (4.4) сопоставим эквивалентное множество целых чисел $S^{-1} = \{0, 1, \dots, n-1\}$, после чего выполним сортировку S^{-1} по возрастанию ключей, в качестве которых используем соответствующие элементы g_i множества S (4.4). В результате перестановка $S^{-1} = \{g'_1, g'_2, \dots, g'_n\}$ окажется обратной к перестановке S .

В полученном множестве S^{-1} выделим возрастающие отрезки (последовательность $g_j < g_{j+1} \dots < g_{j+l-1}, g_j < g_{j-1}, g_{j+l-1} > g_{j+l}$ представляет собой возрастающий отрезок длины l). Указанные отрезки пронумеруем последовательными номерами $\gamma' = 0, 1, \dots, \theta$ после чего значения γ' присвоим в качестве ЛНГ вагонам исходного состава. С этой целью список γ' отсортируем по возрастанию соответствующих номеров g'_i в перестановке S^{-1} . В результате будет получена перестановка S^* (4.5), значения которой γ_i присваивают в качестве ЛНГ вагонам исходного состава.

4.4.2 Современные методы формирования многогруппных составов.

Оригинальный графический метод составления плана работы по формированию многогруппного состава, применяемый на железных дорогах Франции, приведен в [45]. План составляется так, чтобы формирование выполнить за минимальное число этапов. На первом этапе осуществляется вытягивание и сортировка по путям, на втором – сборка вагонов и выставка в парк отправления. В процессе составления плана определяется как потребное число сортировочных путей, так и распределение вагонов по путям. Сущность метода заключается в том, что отцепы, расположенные в исходном составе упорядоченно, направляются на один сортировочный путь. Отцепы с номерами назначений $g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{ik}$ расположены упорядоченно, если $i_1 < i_2 < \dots < i_k$ и $g_{i1} \leq g_{i2} \leq \dots \leq g_{ik}$; очевидно, что k указанных отцепов могут быть при сортировке направлены на один путь. В [45] отмечается, что составленный план работы обеспечивает минимальное время сортировки и сборки частей формируемого состава. Следует заметить, что для реализации указанного плана может потребоваться число путей, превышающее их наличное число. Кроме того, как показал анализ, для некоторых составов можно получить несколько вариантов указанного плана, отличающихся распределением вагонов по путям и, соответственно, временем формирования. Проблема перечисления всех возможных вариантов плана и поиска среди них оптимального в [45] не рассматривается.

Солидный набор различных методов формирования многогруппных составов приведен в работе чехословацких специалистов [46]. Выбор метода может варьироваться в зависимости от числа вагонов, групп и путей, длины вытяжных и сортировочных путей, типа локомотива.

Авторами [47] был предложен метод ускоренного формирования составов одновременно двумя локомотивами с двух сторон. В указанных работах приведены схемы, позволяющие выполнить формирование составов с различным числом групп на 2-4 путях. Однако необходимость координации одновременной работы локомотивов вызывает трудности в их реализации.

В настоящее время наибольшее распространение на сети отечественных железных дорог получили два метода формирования многогруппных составов: комбинаторный, предложенный во ВНИИЖТе [48], и распределительный, предлагаемый автором [44]. Оба метода базируются на разных вариантах метода поразрядной сортировки чисел [49].

4.4.3 Формализация методов формирования составов. Считается, что для формирования составов используется сортировочное устройство (горка, вытяжной путь) и определенное число сортировочных путей m ($2 \leq m \leq \theta$). Формирование состава осуществляется за N этапов, число которых зависит от метода формирования, числа используемых сортировочных путей m и числа групп θ в неупорядоченном составе. Каждый этап формирования независимо от используемого метода включает две операции: сборку вагонов с $m_{сб}$ путей и их сортировку на m_c путях. Принято, что перед началом формирования вагоны состава находятся на одном из сортировочных путей, так что на первом этапе $m_{сб1}=1$. На последнем этапе вагоны снова должны быть собраны на одном пути ($m_{сN}=1$). На остальных этапах используемое число путей зависит от метода формирования и от их наличного числа M .

Наряду с *методом*, существует понятие *схемы* формирования, которая устанавливает распределение вагонов по сортировочным путям на каждом этапе. Формально схему можно представить последовательностью логических номеров путей (ЛНП) μ_i , на которые нужно направлять отцепы сортируемой группы (состава) на каждом этапе формирования.

4.4.3.1 Формализация схемы формирования состава на m путях *комбинаторным методом* осуществляется путем представления ЛНГ γ в фибоначчевой системе счисления [43]:

$$\Phi_m(\gamma) = \varphi_{N-1}, \varphi_{N-2}, \dots, \varphi_1. \quad (4.6)$$

При этом $\Phi_m(\gamma)$ составляющие фибоначчeveы цифры φ_i числа γ принимают значения 0 или 1 [50]:

$$\gamma = F_{m+N-1}^{(m)} \varphi_N + F_{m+N-2}^{(m)} \varphi_{N-1} + \dots + F_m^{(m)} \varphi_1, \quad (4.7)$$

где $F_m^{(m)}, \dots, F_{m+N-1}^{(m)}$ - последовательность обобщенных чисел Фибоначчи порядка m .

Указанные числа определяются правилами [51]:

$$F_q^{(m)} = 0 \quad \text{при} \quad 0 \leq q \leq m-2;$$

$$F_q^{(m)} = 1 \quad \text{при} \quad q = m-1;$$

$$F_q^{(m)} = \sum_{i=1}^m F_{q-i}^{(m)} \quad \text{при} \quad q \geq m.$$

Номера групп $\gamma = 0, \dots, 16$ в фибоначчевой записи приведены в таблице 4.2; в этой же таблице показано число этапов формирования N , которое необходимо, если максимальный ЛНГ в составе равен γ . При этом, если добавить в $\Phi_m(\gamma)$ старшую цифру $\phi_N = 0$, то число цифр в $\Phi_m(\gamma)$ будет равно числу этапов формирования N .

Таблица 4.2 – Фибоначчиева запись номеров групп

Номер группы γ	Число сортировочных путей m									
	2		3		4		5		6	
	$\Phi_2(\gamma)$	N	$\Phi_3(\gamma)$	N	$\Phi_4(\gamma)$	N	$\Phi_5(\gamma)$	N	$\Phi_6(\gamma)$	N
0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
1	1		1		1		1		1	
2	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3
3	100	4	11		11		11		11	
4	101		100	4	100	4	100	4	100	4
5	1000	5	101		101		101		101	
6	1001		110		110		110		110	
7	1010		1000	5	111		111		111	
8	10000	6	1001		1000	5	1000	5	1000	5
9	10001		1010		1001		1001		1001	
10	10010		1011		1010		1010		1010	
11	10100		1100		1011		1011		1011	
12	10101		1101		1100		1100		1100	
13	100000	7	10000	6	1101		1101		1101	
14	100001		10001		1110		1110		1110	
15	100010		10010		10000	6	1111		1111	
16	100100		10011		10001		10000	6	10000	6

Для определения логических номеров путей при сортировке номерам групп $\{\gamma = 0, 1, \dots, \theta-1\}$ ставятся в соответствие числа в фибоначчевой записи, взятые из табл. 4.2 в обратном порядке: $\Phi_m(\theta-1), \Phi_m(\theta-2), \dots, \Phi_m(0)$; обратная последовательность указанных чисел используется для того, чтобы в сформированном составе группы были расположены в прямом порядке.

Числа $\Phi_m(\gamma)$ используются для определения ЛНП μ_i , на который нужно направить i -й отцеп с ЛНГ γ_i при сортировке на каждом этапе формирования. Для определения ЛНП μ_i на j -м этапе выполняется последовательный анализ $(m-1)$ цифр в записи $\Phi_m(\gamma)$; при этом $\mu_i = k$, если $\varphi_{k+j} = 0$, $\varphi_{k+j-1} = \dots = \varphi_{j+1} = \varphi_j = 1$; ($0 \leq \mu_i \leq m-1$).

Начиная с этапа $j = N - m + 1$, при определении μ_i используется самая старшая нулевая цифра φ_{N-1} числа $\Phi_m(\gamma)$; на последующих этапах число цифр φ , по которым определяется ЛНП, будет сокращаться. Это означает, что число путей, на которые направляются вагоны, на каждом последующем этапе будет уменьшаться на 1. На предпоследнем $(N - 1)$ -м этапе ЛНП будет определяться только по одной старшей цифре φ_{N-1} , вследствие чего вагоны будут направляться только на два пути с ЛНП $\mu = 0$ и $\mu = 1$ и после сортировки на этом этапе упорядоченные вагоны состава будут находиться только на этих двух путях. На последнем N -м этапе должно быть выполнено соединение указанных групп на одном из путей. Поэтому в целях общности алгоритма определения ЛНП на всех этапах целесообразно перестановку вагонов на последнем этапе рассматривать тоже как сортировку, при которой ЛНП определяется по следующей цифре (φ_N), всегда равной нулю; тогда на N -м этапе все вагоны будут направлены на один путь с ЛНП μ равным 0.

После сортировки вагонов на j -м этапе на следующем $(j + 1)$ -м этапе сортируют вагоны, находящиеся на пути, который на j -м этапе имел ЛНП $\mu = 0$. Отсутствие операций сборки вагонов после каждой сортировки является существенным достоинством комбинаторного метода. При этом после каждого этапа логические номера всех используемых путей циклически изменяются; для их определения может использоваться рекуррентное выражение:

$$\mu_{j+1} = (\mu_j + m - 1) \bmod m.$$

Перед первым этапом всем сортировочным путям присваиваются логические номера $\mu = 0, 1, 2, \dots, m - 1$, которые используются для построения схемы формирования.

4.4.3.2 Формализация схемы формирования состава на m путях *распределительным методом* осуществляется путем представления ЛНГ γ в позиционной системе счисления с основанием m :

$$\gamma = (\psi_N \psi_{N-1} \dots \psi_2 \psi_1)_m = \psi_{N-1} m^{N-2} + \dots + \psi_2 m^1 + \psi_1 m^0,$$

$$\psi_j \in [0, m - 1], \quad j = 1, \dots, N - 1; \quad \psi_N = 0.$$

При этом ЛНП μ_i , на который направляется i -й отцеп на j -м этапе формирования, определяется j -й цифрой в записи числа γ_i ($\mu_i = \psi_j$).

Число путей m , которое может использоваться для формирования состава распределительным методом, варьируется в достаточно широких пределах ($2 \leq m \leq \theta$). Указанное число, а также число групп в составе θ определяют необходимое число этапов формирования

$$N = \lceil \lg \theta / \lg m \rceil + 1.$$

Минимальное число этапов $N = 2$ требуется в том случае, когда для каждой группы выделяется отдельный путь, т.е. $m = \theta$.

При использовании одинакового числа путей распределительный метод требует значительно меньшего числа этапов формирования, чем комбинаторный. Причем, разница в числе этапов увеличивается с ростом числа групп в составе и количества используемых путей. Однако распределительный метод обладает и существенным недостатком, заключающимся в необходимости сборки вагонов со всех путей перед каждой сортировкой, тогда как при комбинаторном методе на каждом этапе сортируют вагоны только с одного из путей. Таким образом, без оценки времени формирования составов рассматриваемыми методами нельзя отдать предпочтение какому-либо из них.

4.4.3.3 Оптимизация процесса формирования состава заключается в выборе из множества схем Z такой схемы, при которой время формирования T_ϕ минимально. Если Z мало, то минимальное значение $T_{\phi min}$ можно найти ме-

тодом полного перебора. Однако, во многих случаях величина Z достаточно велика и за приемлемое время невозможно вычислить $T_{\phi i}$ для всех $i = 1, \dots, Z$; в таких случаях предлагается использовать статистический подход для поиска квазиоптимального решения.

Учитывая случайный характер величины T_{ϕ} , в качестве решения, близкого к оптимальному, в [44] автором предложено использовать непараметрический односторонний толерантный предел, основанный на минимальном значении T_{ϕ} в выборке объемом n_0 . Величина n_0 представляет собой тот минимальный объем выборки, при котором со статистической надежностью β можно утверждать, что, по крайней мере, доля α генеральной совокупности превышает наименьшее значение в выборке. Указанный толерантный предел не зависит от характера распределения случайной величины. В соответствии с [52] при $\beta = 0,95$ и $\gamma = 0,99$ $n_0 = 299$. Таким образом, при $Z > 299$ из общей совокупности Z необходимо выбрать случайным образом 299 схем формирования и минимальное значение $T_{\phi min}$, найденное на этой выборке, принять в качестве минимального для данного состава, а соответствующую схему считать квазиоптимальной. При этом с вероятностью 0,95 можно утверждать, что 99% генеральной совокупности значений T_{ϕ} будет превышать $T_{\phi min}$.

4.4.4 Имитационная модель формирования плетей.

Для исследований процесса формирования плетей используется разработанная кафедрой «Станций и узлов» ДНУЖТ программа FormirMN.

Исходные данные для работы программы представляются в виде текстового файла с расширением *.sst. В данном файле информация об исходном составе записывается в двух столбцах:

- 1) количество вагонов в группе;
- 2) назначение группы вагонов.

Главное окно программы изображено на рисунке 4.6. После выбора файла исходных данных (Файл→Открыть) следует указать номер пути, на

котором находится исходный состав, и количество путей для сортировки, а также метод сортировки (комбинаторный или распределительный). В программе имеется возможность выбора сортировочного устройства.

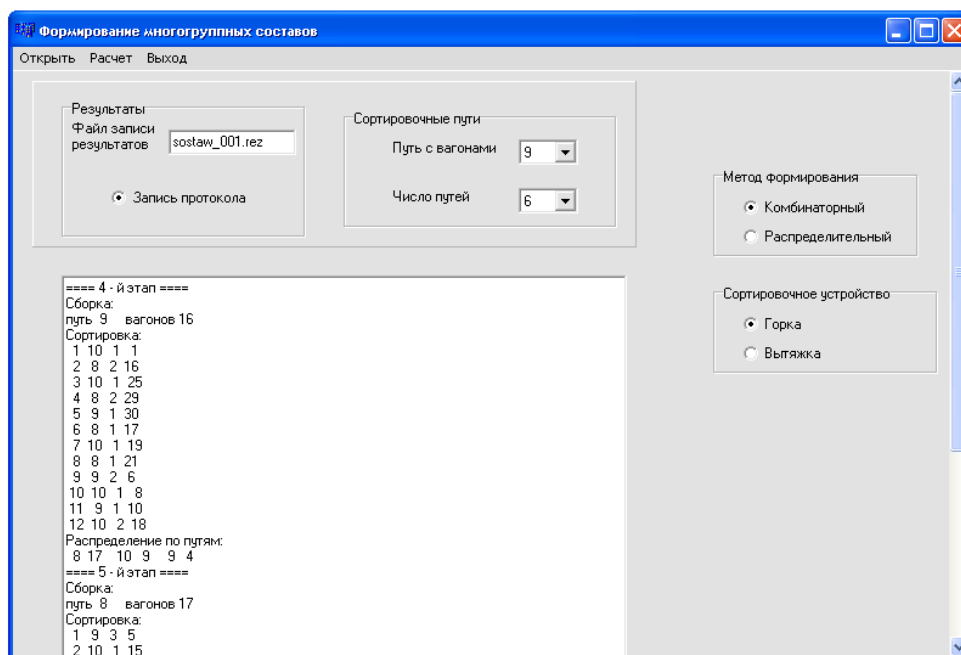


Рисунок 4.6 – Главное окно программы FormirMN

Результаты моделирования записываются в текстовый файл, указанный в соответствующем поле окна программы (см. рис. 4.6). В процессе моделирования для исходного состава и указанных параметров сортировки в соответствии с вышеизложенной методикой определяется квазиоптимальная схема формирования. Фрагмент файла результатов моделирования приведен в Приложении В.

4.5 Анализ результатов оптимизации каргоплана паром

В процессе исследований для исходного состава вагонов было определено 30 допустимых вариантов каргоплана. Для полученных вариантов расстановки вагонов выполнен расчет продолжительности формирования плетей ($30 \times 4 = 120$ плетей) комбинаторным и распределительным методами; в качестве сортировочного устройства выбрана горка; подбор вагонов ведётся на трёх сортировочных путях.

В ходе оптимизации процесса формирования плетей для каждой из них была найдена квазиоптимальная схема формирования. Так, в соответ-

ствии с принятой методикой, для каждой плети случайным порядком было определено 299 схем формирования, из числа которых была найдена схема, которая обеспечивает наименьшую продолжительность формирования.

Полученные в результате моделирования случайные значения продолжительности формирования плетей для каждого из допустимых вариантов каргоплана погрузки парома обработаны методами теории вероятностей и математической статистики. Установлено, что распределение случайной величины T_{ϕ} при формировании плетей комбинаторным (рисунок 4.7, а) и распределительным (рис. 4.7, б) методами подчиняется нормальному закону.

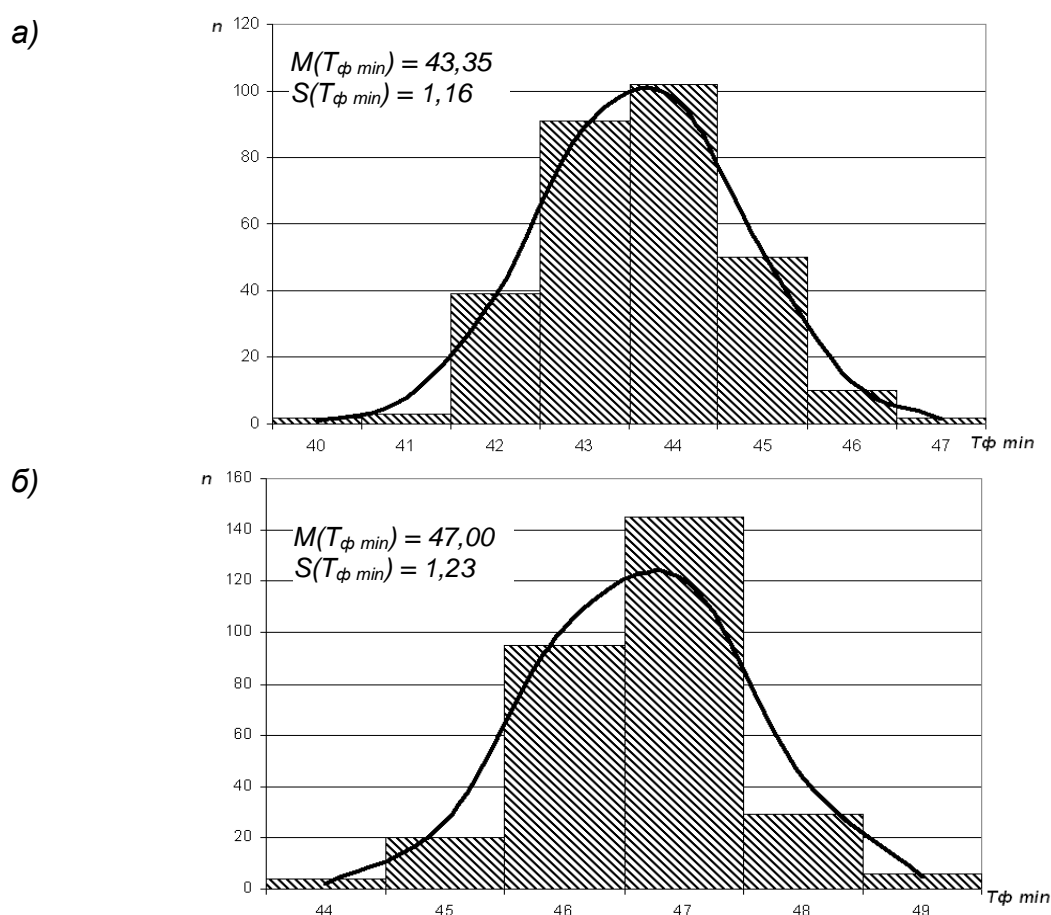


Рисунок 4.7 – Распределение случайной величины продолжительности формирования плетей различными методами:

а – комбинаторным методом; б – распределительным методом.

В итоге, для каждого варианта каргоплана найдены наименьшие продолжительности $T_{\phi min}$ формирования плетей отдельно комбинаторным и распределительным методами. Результаты моделирования приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты оптимизации процесса формирования плетей путей паром

№ карго- плана	Комбинаторный метод						Распределительный метод						Наименьшая продолжительность					
	плет			общая продолж.			плет			общая продолж.			плет			$\sum T_{\text{плет}}$		
	Iз	IIз	IIIз	IVз	общая продолж.	Iз	IIз	IIIз	IVз	общая продолж.	Iз	IIз	IIIз	IVз	$\sum T_{\text{плет}}$			
1	39,3	21,9	39	40,5	140,7	41,1	28,7	42,8	45,7	158,3	39,3	21,9	39	40,5	140,7			
2	40,6	18,9	39,2	39,5	138,2	42,8	19,4	44,8	42,6	149,6	40,6	18,9	39,2	39,5	138,2			
3	39,8	24,8	40,9	40,3	145,8	41,7	29,4	45,2	45,7	162	39,8	24,8	40,9	40,3	145,8			
4	39,9	22,4	39,3	39,2	140,8	43,1	28	41,7	41,3	154,1	39,9	22,4	39,3	39,2	140,8			
5	40,8	18,6	39,4	40,3	139,1	46,2	19,9	41,9	42	150	40,8	18,6	39,4	40,3	139,1			
6	39,6	21,8	42,5	35,9	139,8	42,3	21,9	46	42,3	152,5	39,6	21,8	42,5	35,9	139,8			
7	41,2	24,2	39,6	39,4	144,4	46,3	29,6	42	44,1	162	41,2	24,2	39,6	39,4	144,4			
8	40,3	23,6	39	38,2	141,1	42,7	29,3	41,9	41,2	155,1	40,3	23,6	39	38,2	141,1			
9	39,1	24,3	41,4	40,5	145,3	44,8	30,1	46,1	42,2	163,2	39,1	24,3	41,4	40,5	145,3			
10	39,6	24,3	39,3	39,6	142,8	42,9	30,2	42,2	42,2	157,5	39,6	24,3	39,3	39,6	142,8			
11	40,9	21,7	39,9	35,6	138,1	46,1	22,2	45,1	42,1	155,5	40,9	21,7	39,9	35,6	138,1			
12	40,5	21,5	40	40,8	142,8	42,6	22,3	41,7	45,6	152,2	40,5	21,5	40	40,8	142,8			
13	41,1	24	37,7	41,1	143,9	45,8	29,5	39,9	45,5	160,7	41,1	24	37,7	41,1	143,9			
14	40,2	23,4	39,5	38,5	141,6	42,6	28,9	41,6	39,5	152,6	40,2	23,4	39,5	38,5	141,6			
15	40,4	22,8	38,5	39,9	141,6	45,3	22,7	42,1	41,9	152	40,4	22,7	38,5	39,9	141,5			
16	39,6	24,3	40,2	40,3	144,4	42,3	29,6	42,3	42,6	156,8	39,6	24,3	40,2	40,3	144,4			
17	40,3	22,5	40,2	40,6	143,6	42,4	28,3	43,9	44,7	159,3	40,3	22,5	40,2	40,6	143,6			
18	39,4	22,2	41	39,6	142,2	44,7	22,1	45,9	41,1	153,8	39,4	22,1	41	39,6	142,1			
19	40,2	20	41	40,6	141,8	42,4	19,8	46	46,6	154,8	40,2	19,8	41	40,6	141,6			
20	39,3	23,6	39,8	39,8	142,5	42,9	28,8	42	43	156,7	39,3	23,6	39,8	39,8	142,5			
21	40,7	22	39,8	39,3	141,8	41,9	23,3	46	41,2	152,4	40,7	22	39,8	39,3	141,8			
22	39,7	22,7	39,8	39,4	141,6	41,9	22,6	44,7	42,2	151,4	39,7	22,6	39,8	39,4	141,5			
23	41,1	18,3	39,3	40,1	138,8	45,2	19,1	41,4	43,5	149,2	41,1	18,3	39,3	40,1	138,8			
24	40,1	21,6	37,1	38,3	137,1	41	21,7	41,9	42,8	147,4	40,1	21,6	37,1	38,3	137,1			
25	41,1	23,1	39,3	39,9	143,4	45,9	27,3	44,5	42,9	160,6	41,1	23,1	39,3	39,9	143,4			
26	40,9	21,7	38,8	40,3	141,7	46,2	22,6	40,8	45,4	155	40,9	21,7	38,8	40,3	141,7			
27	41	23,5	39,4	40,2	144,1	43,6	29	42,3	45,3	160,2	41	23,5	39,4	40,2	144,1			
28	40	23,2	40	39,8	143	45,8	23,1	43,2	41,9	154	40	23,1	40	39,8	142,9			
29	39	23,3	39,3	40,7	142,3	42,2	29,4	41,5	40,7	153,8	39	23,3	39,3	40,7	142,3			
30	41,1	21,7	38,7	39,3	140,8	45,9	23,2	41,4	41,2	151,7	41,1	21,7	38,7	39,3	140,8			

На заключительном этапе для каждой плети из двух значений $T_{\phi min}$ продолжительности формирования выбирается наименьшее время $T_{\phi min}^{opt}$. Допустимый вариант каргоплана погрузки парома, который обеспечивает наименьшую суммарную продолжительность $\sum T_{\phi min}^{opt}$ формирования плетей является оптимальным.

Оказалось, что в большинстве случаев применение комбинаторного методом обеспечивает меньшую по сравнению с распределительным методом продолжительность формирования плетей. В то же время, разброс случайной величины для каждой плети по каждому методу формирования незначителен (в пределах 2,2-6,5 мин). Исходя из этого, можно сделать вывод, что для поиска оптимального каргоплана нет необходимости моделирования большого числа допустимых его вариантов, т.к. за счет оптимизации процесса формирования плетей, полученные варианты окажутся практически равноценными.

4.6 Выводы по четвёртому разделу

Разработанная методика оптимизации каргоплана погрузки парома позволяет определить такой вариант расстановки экспортных вагонов по палубным путям, который бы обеспечивал наименьшую продолжительность формирования плетей при безусловном выполнении требований безопасности по загрузке парома.

В то же время, за счет оптимизации процесса формирования, нивелируется продолжительность подбора вагонов в плетях в соответствии с найденными допустимыми вариантами каргоплана. Следовательно, для выбора оптимального каргоплана отпадает необходимость в моделировании большого числа допустимых вариантов расстановки вагонов. В связи с этим, следует заметить необходимость учёта дополнительных критериев для выбора оптимального варианта каргоплана.

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕРЕГОВОГО ПАРОМНОГО КОМПЛЕКСА

5.1 Общие положения

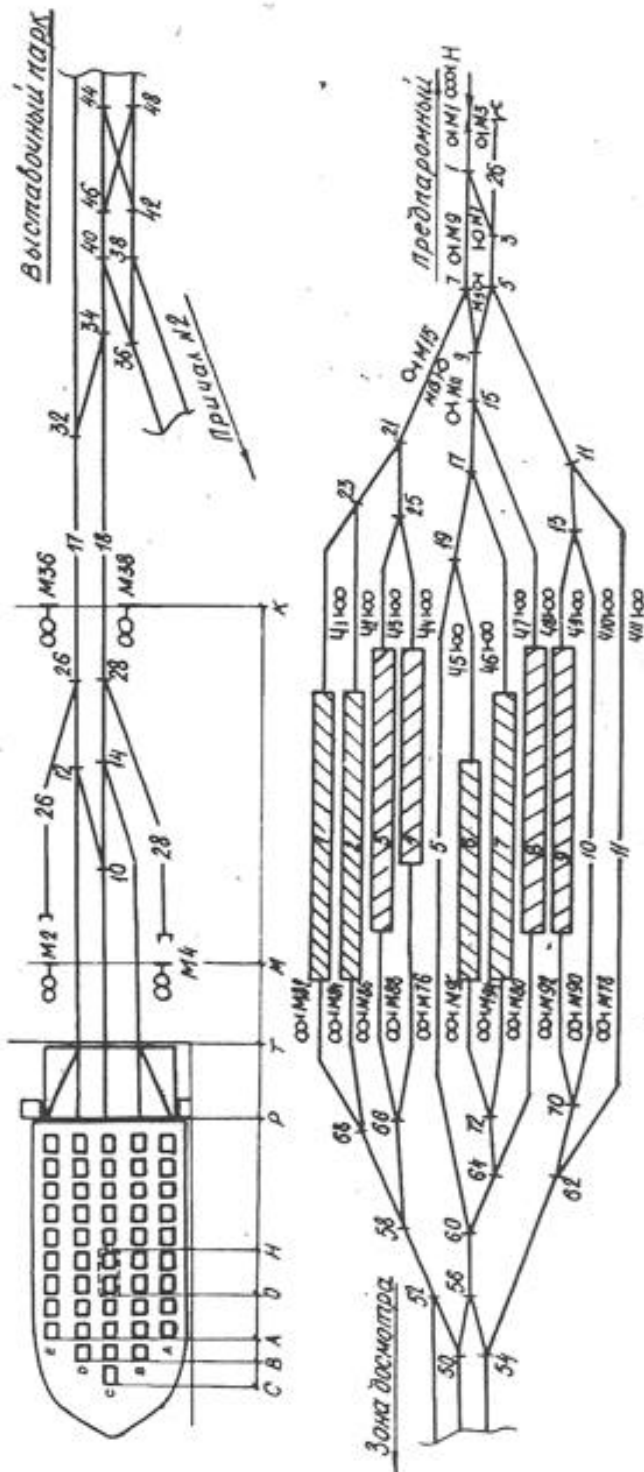
В состав технологической линии обработки паромов входят береговые устройства паромного района порта, выставочный парк железнодорожной станции П, маневровые локомотивы и причастные работники паромного комплекса. Также в процессе накатки-выкатки вагонов принимают участие судовая команда и устройства (лифт, унилоки, поворотные секторы, сигнальная система) парома.

Паромы на комплексе обрабатываются последовательно. Обработка паромов подразумевает выполнение следующего комплекса технологических операций:

- 1) Маневровые операции:
 - выкатку-накатку вагонов на пути главной палубы парома (допустимая максимальная скорость накатки 3 км/ч, выкатки – 5 км/ч);
 - перестановку плетей с выставочного парка на пути выполнения приемосдаточных операций и наоборот;
 - вытягивание плетей с предохранительных тупиков №№ 26, 28 (№№ 22, 24), соответственно, за маневровые сигналы М36, М38 (М32, М34) и наоборот;
 - осаживание плетей от маневровых сигналов М36, М38 (М32, М34) до паромного лифта и наоборот;
 - передвижение локомотивов резервом в пределах выставочного парка и путей паромного района порта.

Схема расположения плетей в выставочном парке и расстояния маневровых передвижений в паромном районе порта приведены на рисунке 5.1.

- 2) Операции контрольного досмотра вагонов и грузов;
- 3) Приёмо-сдаточные операции;
- 4) Операции накатки-выкатки вагонов на паром через лифт.



Расчетные расстояния маневровых передвижений

Участок	A - P	B - P	C - P	P - T	T - M	M - K	H - P	O - H
Расстояние, м	135	155	165	35	25	180	75	30

Условные обозначения:

■ импортные ■ экспортные

Рисунок 5.1 – Расчетная схема маневровых передвижений по обслуживанию парома путей

Взаимная очередность выполнения данных операций определяет, при известных значениях их продолжительности, общую продолжительность обработки парома. Максимально возможная параллельность выполнения вышеперечисленных операций, сведение к минимуму межоперационных непроизводительных простоев задействованных исполнителей и механизмов, обеспечат минимальное время обработки парома.

Выбор рациональной технологии обработки паромов зависит от объемов работы паромной переправы. Эти объемы можно условно подразделить на:

- устойчивые – обеспечивающие загрузку паромного комплекса не менее чем на 70% от его перерабатывающей способности;
- неустойчивые – имеют место простои паромов в ожидании экспортных вагонов, превышающие по продолжительности технологическое время обработки паромов.

В зависимости от объемов экспортных перевозок необходимо обеспечить соответствующую интенсивность обработки паромов на комплексе. Очевидно, что принятая технология обработки паромов определяет максимальную перерабатывающую способность паромного комплекса. Если эта способность значительно превышает потребную, то данная технология обработки не может считаться экономически целесообразной.

Таким образом, в зависимости от оперативной обстановки на паромном комплексе, следует выбирать рациональную технологию обслуживания паромов, которая обеспечит следующие режимы работы переправы, ориентированные на определенные объемы экспорта:

- штатный режим – интенсивность входящего потока экспортных вагонов обеспечивает нормальную загрузку паромов (70-108 вагонов) – обслуживание паромов производится двумя маневровыми локомотивами;
- форсированный режим – интенсивность входящего потока экспортных вагонов обеспечивает максимальную загрузку паромов (108 вагонов) – обслуживание паромов производится тремя маневровыми локомотивами;

– ресурсосберегающий режим – интенсивность входящего потока экспортных вагонов обеспечивает низкую загрузку паромов (менее 70 вагонов) – обслуживание паромов производится одним маневровым локомотивом.

При неустойчивых объемах работы паромной переправы возможно изменение режимов работы отдельных служб, уменьшение количества отдельных исполнителей и технических средств. Эти изменения и уменьшения способствуют сокращению расходов на обработку паромов. Они допустимы если не повлекут за собой нарушения установленного расписания движения паромов, или интервалов времени между ними.

Кроме того, при низком уровне загрузки паромов, последние могут использоваться для перевозки автомобилей, на местах незанятых вагонами. Данные перевозки увеличивают продолжительность обработки паромов. В то же время, при указанных условиях подобные меры позволяют повысить экономическую эффективность работы паромной переправы.

Решение о реализации обработки конкретного парома по той или иной технологии принимается совместно маневровым диспетчером железнодорожной станции П и диспетчером паромного района порта Ч. При выборе технологии указанные должностные лица должны руководствоваться:

1) Ситуацией на комплексе, прогнозируемой к моменту швартовки парома:

- наличие и количество экспортных вагонов;
- готовность плетей и их местонахождение;
- состав каждой плети;
- нахождение маневровых локомотивов и др.;

2) Состоянием прибывающего парома:

- количество импортных вагонов на пароме;
- наличие на пароме вагонов, требующих особых условий выполнения маневровых операций;
- необходимость ввода парома в расписание и др.

Принятое решение диспетчер паромного района порта доводит до командования парома.

5.2 Технология штатного режима обработки паромов

Данная технология обработки паромов предусматривает начало выкатки и конец накатки вагонов на паром одним локомотивом. Технологическая схема обработки парама в штатном режиме приведена на рисунке 5.2. Графическое изображение последовательности выполнения технологических операций выгрузки-погрузки парама при данной технологии приведено на рисунке 5.3.

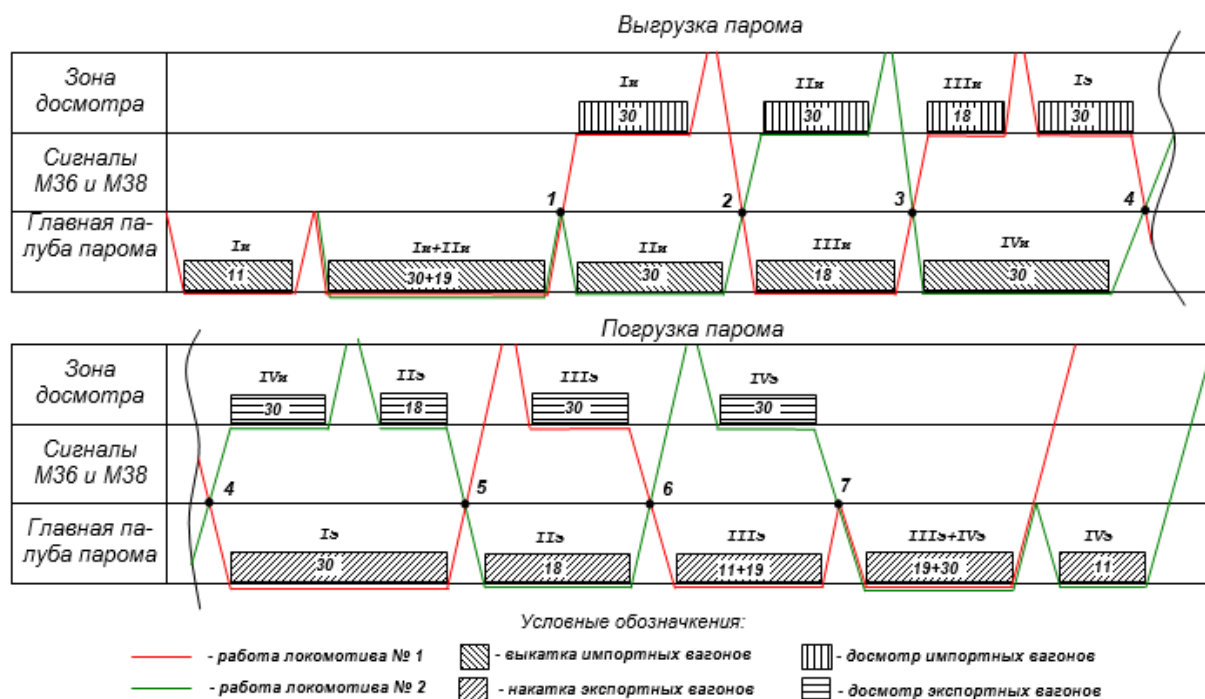


Рисунок 5.2 – Технология обслуживания парама в штатном режиме

После швартовки парама у пирса и досмотра его комиссией (параллельно работе комиссии команда парама раскрепляет вагоны) начинается выгрузка парама. К моменту начала выгрузки парама локомотив № 1 подъезжает по пути № 48 (см. рис. 5.1) к сигналу М2. При разрешающих показаниях паромных светофоров локомотив заезжает на путь С главной палубы парама и соединяется с 11 вагонами. После выполнения необходимых операций по подготовке этих вагонов к выкатке локомотив № 1 вытягивает их за сигнал М38. К этому моменту локомотив № 2 с тремя платформами прикрытия стоит у сигнала М36. От сигналов М36 и М38 оба локомотива с вагонами одновременно заезжают на пути В и D главной палубы парама и вытягивают с них ещё по 10 вагонов за сигналы М2 и М4, соответственно.

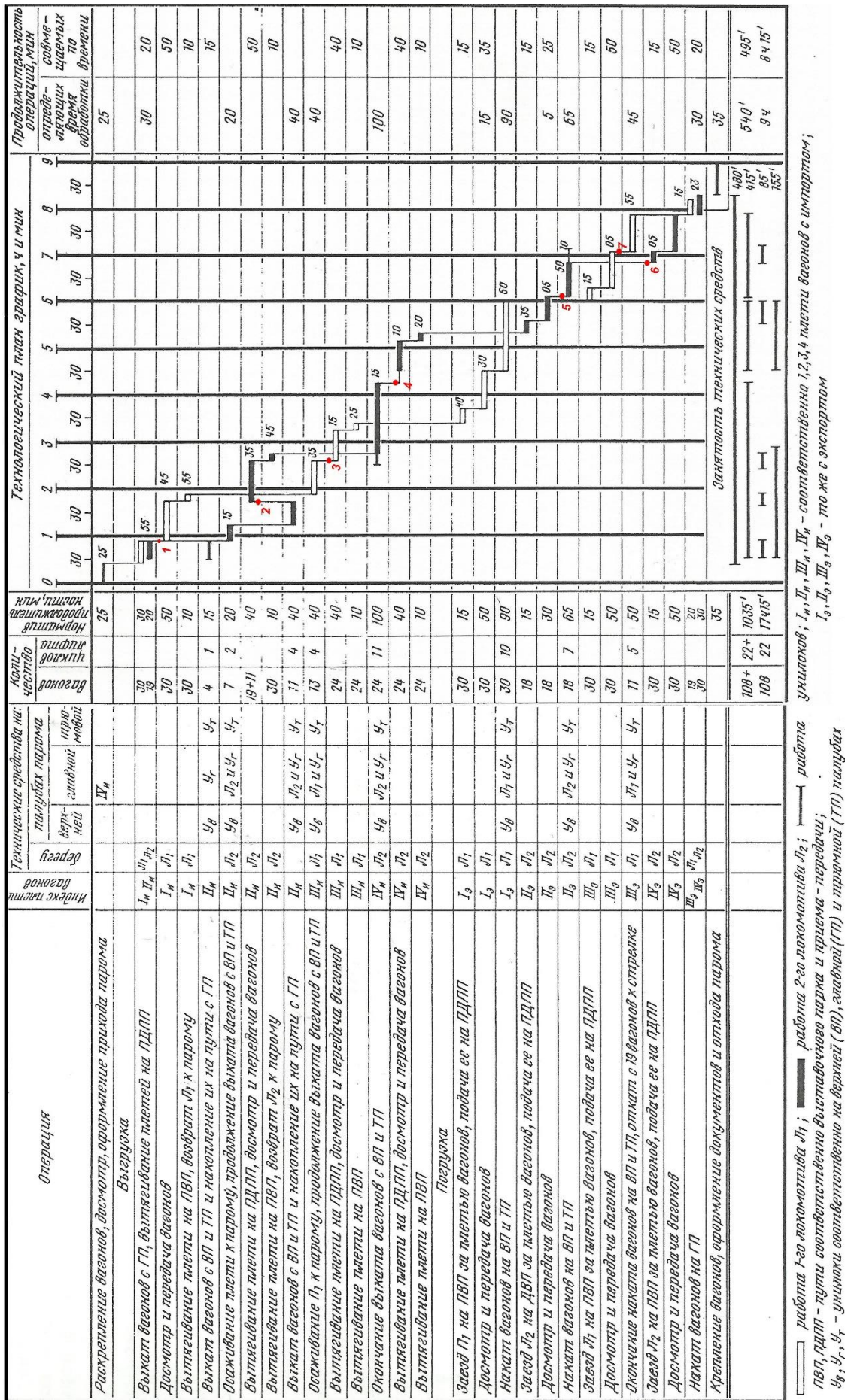


Рисунок 5.3 — Технологический план-график обработки паромов в штатном режиме паром

После приготовления маршрутов, локомотивы с вагонами одновременно выезжают на пути А и Е и вытягивают с них ещё по девять вагонов. Главная палуба парома полностью освобождена от вагонов.

Локомотив № 1 с 30 вагонами (I плеть импорта) и локомотив № 2 с 19 вагонами одновременно выезжают за сигналы М38 и М36, соответственно (точка 1 на рис. 5.2). От сигнала М38 локомотив № 1 осаживает I плеть импорта в предохранительный тупик № 28. После этого начинаются контрольный досмотр и приёмо-сдаточные операции с вагонами данной плети. По завершению данных операций локомотив № 1 выставляет I плеть импорта на один из путей выставочного парка и возвращается резервом к сигналу М38. Параллельно подаче I плети импорта в зону досмотра локомотив № 2 осаживает 19 вагонов от сигнала М36 к лифту парома. С помощью лифта выкатываются 11 вагонов – шесть с трюмной палубы и пять с верхней. Всего лифтом выполняется шесть полуциклов. С 30-ю вагонами (II плеть импорта) локомотив № 2 выезжает за сигнал М36 (точка 2 на рис. 5.2).

В точке 2 (см. рис. 5.2), из-за случайного характера продолжительности отдельных операций, возможны следующие ситуации. Если локомотив № 1 подъедет к сигналу М38 раньше, чем локомотив № 2 вытянет II плеть импорта за сигнал М36, то первый будет простаивать в ожидании освобождения проезда к лифту. В случае подъезда локомотива № 1 к сигналу М38 позже момента освобождения локомотивом № 2 проезда к лифту будут дополнительно простаивать лифт и паром. Возможен также простой II плети импорта в ожидании окончания контрольного досмотра и приёмо-сдаточных операций с вагонами I плети импорта. Данный простой вызван ограничением, согласно которому в зоне досмотра не может одновременно находиться более одной плети.

Таким образом, к моменту выезда с парома локомотива № 2 со II плетью импорта возможны две ситуации:

1) I плеть импорта выставлена в выставочный парк. В этом случае локомотив № 2 без задержек осаживает II плеть импорта в предохранительный тупик № 26 для выполнения досмотра и приёмо-сдаточных операций;

2) Контрольный досмотр и приёмо-сдаточные операции с I плетью импорта ещё не завершены. В таком случае подача II плети импорта в зону досмотра будет задержана до окончания операций досмотра с I плетью импорта. В свою очередь, это вызовет дополнительный простой парома.

После завершения контрольного досмотра и приёмо-сдаточных операций со II плетью импорта, последняя выставляется локомотивом № 2 на свободный путь выставочного парка. Локомотив № 2 резервом возвращается к сигналу М36. В это время локомотив № 1 резервом от сигнала М38 подъезжает к парому и участвует в выкатке 18 вагонов (III плеть импорта). Из них шесть выкатывается с трюмной палубы, а 12 – с верхней, при этом выполняется 12 полуциклов работы лифта. После чего локомотив № 1 вытягивает III плеть импорта за сигнал М38 (точка 3 на рис. 5.2). В этой точке возможны ситуации, аналогичные ситуациям в точке 2 (см. рис. 5.2). Далее локомотив № 1 осаживает III плеть импорта в предохранительный тупик № 28. Данная плеть досматривается, после чего выставляется этим же локомотивом на свободный путь выставочного парка. С этого пути локомотив № 1 переезжает на путь, занятый I плетью экспорта в составе 30 вагонов. После выполнения необходимых операций данная плеть осаживается в предохранительный тупик № 28. После проведения контрольного досмотра и завершения приёмо-сдаточных операций I плеть экспорта подаётся к сигналу М38.

Локомотив № 2 в это время участвует в выкатке с верхней и трюмной палуб вагонов IV плети импорта. При этом выкатывается 30 вагонов (четыре с трюмной и 26 с верхней палубы); при этом выполняется 26 полуциклов работы лифта. IV плеть импорта вытягивается за сигнал М36 (точка 4 на рис. 5.2). Для данной точки возможны те же ситуации, что и для точек 2 и 3 (см. рис. 5.2). На этом выгрузка парома заканчивается и может начинаться его погрузка.

Локомотив № 1 участвует в подаче на лифт вагонов I плети экспорта для погрузки верхней и трюмной палуб парома. При этом выполняется 26 полуциклов работы лифта, и на верхнюю палубу накатывается 26 вагонов, а на нижнюю – четыре. После этого локомотив № 1 от лифта выезжает резервом за сигнал М38. Параллельно накатке I плети экспорта локомотив № 2 осаживает IV плеть импорта в предохранительный тупик № 26. Плеть досматривается и выставляется на свободный путь выставочного парка. После чего локомотив № 2 заезжает под II плеть экспорта в количестве 18 вагонов и осаживает её в предохранительный тупик № 26. После досмотра II плети экспорта она вытягивается за сигнал М36 (точка 5 на рис. 5.2).

В точке 5 (см. рис. 5.2) возможны следующие ситуации. В случае, когда момент выезда локомотива № 1 от лифта за сигнал М38 опережает момент подачи локомотивом № 2 к сигналу М36 II плети экспорта, будет наблюдаться непроизводительный простой лифта парома. Если же II плеть экспорта будет подана к сигналу М36 раньше момента выезда локомотива № 1 за сигнал М38, будет наблюдаться простой данной плети в ожидании накатки.

Далее локомотив № 1 следует резервом в выставочный парк, заезжает под III плеть экспорта в количестве 30 вагонов и осаживает её в предохранительный тупик № 28. После досмотра данной плети она вытягивается за сигнал М38. Параллельно заезду локомотива № 1 в выставочный парк за III плетью экспорта и ее досмотру локомотив № 2 осаживает II плеть экспорта от сигнала М36 к лифту и участвует в накатке этих вагонов на лифт. При этом лифт выполняет 12 полуциклов, поднимая 12 вагонов на верхнюю палубу и опуская шесть вагонов на трюмную. После окончания накатки II плети экспорта локомотив № 2 выезжает резервом за сигнал М36 (точка 6 на рис. 5.2). В данной точке возможны такие же эксплуатационные ситуации, что и в точке 5 (см. рис. 5.2).

Далее локомотив № 1 осаживает III плеть экспорта от сигнала М38 к лифту и участвует в накатке 11 вагонов этой плети. Из этих вагонов пять сле-

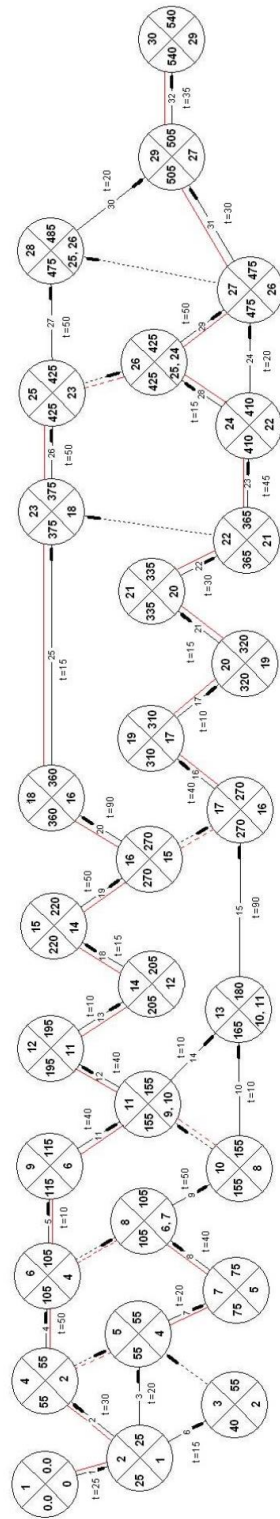
дует на верхнюю палубу, а шесть – на трюмную. Лифт выполняет шесть полциклов. Погрузка верхней и трюмной палуб завершена. С оставшимися 19 вагонами III плети экспорта локомотив № 1 выезжает за сигнал М38. Параллельно работе локомотива № 1 локомотив № 2 выполняет следующую последовательность операций. От сигнала М36 следует резервом в выставочный парк и заезжает под IV плеть экспорта в составе 30 вагонов. Осаживает данную плеть в предохранительный тупик № 26 и после её досмотра вытягивает за сигнал М36 (точка 7 на рис. 5.2). В данной точке любая задержка выполнения операций одним локомотивом по отношению к другому вызовет увеличение времени обработки парома.

Погрузка парома завершается выполнением следующих операций. Оба локомотива, № 2 от сигнала М36, а № 1 от сигнала М38, осаживают на пути Е и А парома, соответственно, 30 и 19 вагонов. На этих путях отцепляется по 9 вагонов, а с остальными локомотивы выезжают за сигналы М2 и М4. Затем осаживаются оставшиеся группы вагонов на пути D и В парома, где отцепляется по десять вагонов. Локомотив № 1 резервом, а локомотив № 2 с 11 вагонами выезжают, соответственно, за сигналы М38 и М36. Затем локомотив № 2 осаживает 11 вагонов на путь С главной палубы парома и выезжает за сигнал М2. На этом погрузка парома завершается.

На основании вышеизложенной технологии была построена модель работы технологической линии обслуживания паромов. Данная модель представляет собой сетевой график (см. рисунок 5.4), который впоследствии может быть использован для исследования взаимного влияния технологических операций по обработке паромов. Продолжительность обслуживания парома в данном режиме составит 540 мин.

5.3 Технология форсированного режима обработки паромов

Технология форсированного режима обработки парома предусматривает привлечение трёх маневровых локомотивов. При этом данная технология отличается от технологии обработки парома с использованием двух маневровых локомотивов в следующих аспектах:



Структурно-временная таблица

№ ра- боты	Наименование работы	Продол- житель- ность, мин	Должны быть вы- полнены	Исполни- тель	№ ра- боты	Наименование работы	Продол- житель- ность, мин	Должны быть вы- полнены	Исполни- тель
1	Распределение вагонов, досмотр, оформле- ние прибытия паром	25	-	1, 2	17	Вытягивание IV'и шплет на ПВП	10	16	4
2	Выкатка вагонов с ГП, вытягивание III шплет в зону досмотра	30	1	3	18	Заезд I1 на ПВП за Iз шплетью, подача ее в зону	15	13	3
3	Выкатка вагонов с ГП (III шплет)	20	1	4	19	Досмотр и передача вагонов (Iз шплет)	50	18	3, 8
4	Досмотр и передача вагонов (II шплет)	50	2	3, 8	20	Накатка вагонов Iз шплет на ВП и ГП	90	19	3, 5, 6, 7
5	Вытягивание III шплет на ПВП и возврат I1 к парому	10	4	3	21	Заезд I2 на ПВП за Iз шплетью, подача ее в зону досмотра	15	17	4
6	Выкат вагонов с ВП и ГП, выключение их на пути С ГП	15	1	5, 6, 7	22	Досмотр и передача вагонов (Iз шплет)	30	21	4, 8
7	Оскашивание вагонов III шплет к парому, продолжение выкатки с ВП и ГП	20	2, 3, 6	4, 5, 6, 7	23	Накатка вагонов Iз шплет на ВП и ГП	45	22	4, 5, 6, 7
8	Выкат вагонов с ВП и ГП, выключение их на пути С ГП	40	7	4, 5, 6, 7	24	Расстановка вагонов Iз шплет по путям на ВП и ГП	20	23	5, 6, 7
9	Вытягивание III шплет в зону досмотра, досмотр и передача вагонов	50	4, 8	4, 8	25	Заезд I1 на ПВП за Iз шплетью, подача ее в зону досмотра	15	20	3
10	Вытягивание III шплет на ПВП и возврат I2 к парому	10	9	4	26	Досмотр и передача вагонов (IIIз шплет)	50	22, 25	3, 8
11	Оскашивание I1 к парому, продолжение выкатки вагонов с ВП и ГП (III шплет)	40	5	3, 5, 6, 7	27	Окончание накатки вагонов с ВП и ГП, выезд I1 с I9 вагонами за сигнал М38	50	26	3, 5, 6, 7
12	Вытягивание III шплет в зону досмотра, досмотр и передача вагонов	40	9, 11	3, 8	28	Заезд I2 на ПВП за IVз шплетью, подача ее в зону досмотра	15	23	4
13	Вытягивание III шплет на ПВП	10	12	3	29	Досмотр и передача вагонов (IVз шплет)	50	26, 28	4, 8
14	Выкатка вагонов с ВП до подхода I2	10	9, 11	5, 6, 7	30	Окончание накатки вагонов IIIз шплет на ГП	20	24, 27, 29	3
15	Окончание выкатки вагонов с ВП и ГП (IV шплет)	90	10, 14	4, 5, 6, 7	31	Накатка вагонов IVз шплет на ГП	30	24, 29	4
16	Вытягивание IV шплет в зону досмотра, досмотр и передача вагонов	40	15, 19	4, 8	32	Крепление вагонов, оформление документов и отход, прощан	25	30, 31	1, 2

Список исполнителей

№ деп.	Исполнитель
1	Судовая команда
2	Работники порта
3	Маневровый локомотив № 1
4	Маневровый локомотив № 2
5	Узлосл. главной палубы
6	Узлосл. трюмной палубы
7	Узлосл. верхней палубы
8	Представители служб докавтора

Рисунок 5.4 – Сетевой график обработки паром двумя локомотивами

- количеством вагонов в отдельных плетях;
- последовательностью выполнения операций в заключительной фазе обработки паром.

В остальном технологии штатного и форсированного режимов обработки паромов идентичны. Последовательность выполнения операций для форсированной технологии приведена на рисунке 5.5.

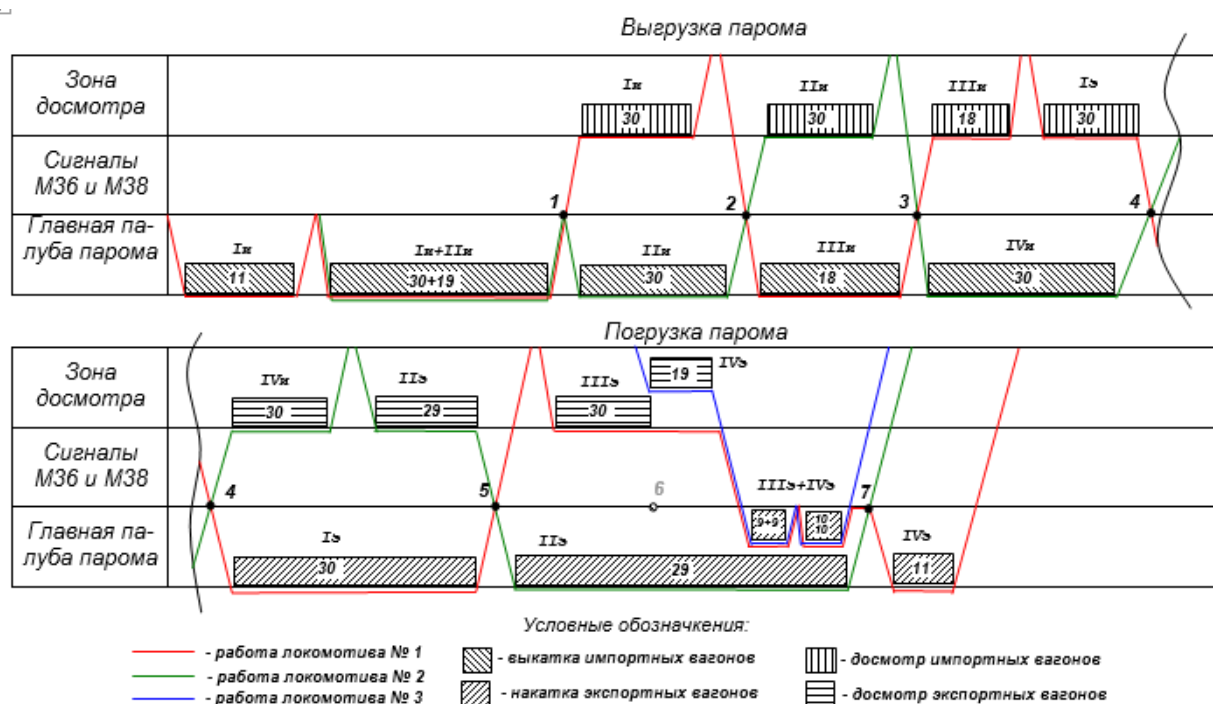


Рисунок 5.5 – Технологическая схема обслуживания паром в форсированном режиме

В заключительной фазе технология обработки паром с использованием трёх маневровых локомотивов выглядит следующим образом. Локомотив № 1 осаживает I плетью экспорта (30 вагонов) из выставочного парка в предохранительный тупик № 28 для проведения контрольного досмотра и приёмо-сдаточных операций. Локомотив № 2 параллельно работе локомотива № 1 участвует в выкатке IV плети импорта. После выставки данной плети на свободный путь выставочного парка локомотив № 2 заезжает под II плетью экспорта в составе 29 вагонов. После чего данная плеть подаётся в зону досмотра.

В это время локомотив № 1 участвует в подаче на лифт вагонов I плети экспорта. После чего данный локомотив резервом возвращается в выставочный парк и подаёт в зону досмотра III плеть экспорта в составе 30 вагонов.

После окончания контрольного досмотра и приёмо-сдаточных операций с вагонами III плети экспорта, в паромный район для выполнения аналогичных операций локомотивом № 3 подается IV плеть экспорта в составе 19 вагонов.

Параллельно работе локомотивов № 1 и № 3, локомотив № 2 участвует в подаче на лифт вагонов II плети экспорта. При этом выполняется 22 полудикла работы лифта: на верхнюю палубу загружается 21 вагон, а на нижнюю – восемь вагонов. После окончания контрольного досмотра и приемо-сдаточных операций с вагонами IV плети экспорта, локомотивы № 1 и № 3, не дожидаясь окончания накатки вагонов II плети экспорта, одновременно накатывают вагоны вначале на пути А и Е (по девять вагонов), а затем – на пути В и D (по десять вагонов) главной палубы парома. Локомотив № 3 возвращается в выставочный парк, а локомотив № 1 с 11 вагонами выезжает за сигнал М38. После освобождения локомотивом № 2 пути С главной палубы парома и выезда его за сигнал М36, локомотив № 1 осаживает 11 вагонов на путь С. Погрузка парома на этом заканчивается.

Описанная в п. 5.2 технология имеет семь точек пересечения операций (см. рис. 5.2). При обработке парома тремя локомотивами имеется возможность сократить шестую точку пересечения (см. рис. 5.5). В этом случае изменяется последовательность накатки вагонов. Принят следующий состав экспортных плетей: 30-29-30-19 вагонов. Окончание накатки второй плети на верхнюю и нижнюю палубы и, совместно, третьей и четвертой плетей на боковые пути главной палубы осуществляется параллельно. Таким образом, определённое время погрузка парома производится тремя локомотивами параллельно. За счет данной параллельности возможно сокращение продолжительности обработки парома.

5.4 Технология ресурсосберегающего режима обработки паромов

Технология обработки паромов с использованием одного маневрового локомотива возможна только при отсутствии вагонов на боковых путях главной палубы парома (А, В, D, E). Причем, реализация данной технологии возможна отдельно для стадий выгрузки или погрузки парома. Так, например, отсутствие импортных вагонов на боковых путях парома и наличие экспортных вагонов на эти пути делает возможным выгрузку одним локомотивом, однако требует погрузки двумя локомотивами. Необходимость погрузки парома двумя локомотивами вызвана ограничением по равномерности загрузки бортов в процессе накатки вагонов. Данное ограничение может быть выполнено только при условии одновременной накатки вагонов на соответствующие пары боковых путей у противоположных бортов парома.

Таким образом, полная реализация технологии ресурсосберегающего режима обработки паромов возможна при загрузке парома в экспортном и импортном направлениях не более 70 вагонов: 43 вагона на верхней палубе, 16 вагонов на трюмной палубе, 11 вагонов на пути С главной палубы. При таком количестве вагонов формируется три плети, общее количество полуперевозок работы лифта такое же, как и при технологиях обработки паромов двумя и тремя маневровыми локомотивами, т.е. 44.

При меньшем количестве вагонов на пароме (не полностью загружены верхняя, трюмная палубы, путь С главной палубы парома) вопрос о количестве и составе выкатываемых (накатываемых) плетей решается оперативно диспетчером паромного района и маневровым диспетчером станции. Принятое решение согласовывается с командованием парома.

Суть технологии обработки парома одним маневровым локомотивом следующая. К моменту готовности парома к выкатке локомотив находится на пути № 48 у сигнала М2. При разрешающих показаниях паромных светофоров локомотив заезжает на путь С парома и соединяется с 11 вагонами. Составитель соединяет тормозные рукава и открывает концевые краны локомотива и первого вагона группы, затем проходом вдоль состава проверяет воз-

возможность безопасного вытягивания вагонов. Открытием концевого крана последнего вагона составитель производит частичное опробование тормозов, после чего отцепляет вагоны от автосцепки паром и по радиосвязи дает команду машинисту локомотива на вытягивание вагонов. Вагоны вытягиваются за лифт и начинается выкатка вагонов с нижней и верхней палуб паром. Когда в плети набирается установленное количество вагонов, она выставляется на путь № 28 для выполнения контрольного досмотра и приемо-сдаточных операций. Затем локомотив резервом возвращается на паром к лифту и продолжает выкатку вагонов с верхней и нижней палуб паром. Когда выкатка II плети импорта завершена, она выставляется, по предварительному согласованию с работниками КПП, на путь № 26. Если I плеть импорта досмотрена, то локомотив вытягивает ее в выставочный парк, а если нет – то заезжает резервом на паром к лифту для завершения выгрузки паром. После готовности I плети импорта локомотив приостанавливает выкатку и вытягивает ее в выставочный парк. Затем локомотив возвращается на паром для завершения выкатки III плети импорта, после чего выставляет ее, с разрешения работников КПП, на путь № 28. По окончании досмотра II плети импорта, локомотив вытягивает ее в выставочный парк. Из выставочного парка локомотив осаживает I плеть экспорта в предохранительный тупик № 26 для выполнения контрольного досмотра и приемо-сдаточных операций.

Дальнейший процесс подачи очередных плетей из выставочного парка в зону для досмотра и выполнения приемо-сдаточных операций, а также накатка вагонов на паром осуществляется в последовательности, обратной выкатке.

5.5 Повышение эффективности формирования плетей

Оптимизация каргоплана погрузки паром направлена на выявление такого распределения экспортных вагонов по условным местам на палубных путях, которое бы при принятой технологии накатки и безусловном выполнении требований безопасности обеспечивало наименьшую продолжительность формирования плетей.

В свою очередь, процесс формирования плетей также нуждается в оптимизационном подходе. С этой целью каждая плеть рассматривается как многогруппный состав, для формирования которого целесообразно применить один из методов: комбинаторный либо распределительный.

Суть данных методов оптимизации процесса формирования многогруппного состава заключается в выборе такой схемы формирования, которая бы обеспечивала наименьшую продолжительность формирования $T_{\phi min}$. Ввиду большой размерности данной задачи, предполагается поиск квазиоптимального решения среди 299 случайным образом отобранных схем формирования. При этом с вероятностью 0,95 можно утверждать, что 99% генеральной совокупности значений продолжительности формирования будет превышать найденное наименьшее значение $T_{\phi min}$.

Как показали исследования, наименьшая продолжительность формирования плетей для принятых условий достигается за счет применения комбинаторного метода. В то же время, в результате оптимизации наблюдается незначительное (в пределах 3-5 мин) сокращение продолжительности формирования каждой из плетей. Распределение случайной величины продолжительности формирования комбинаторным методом для случайного первоначального размещения вагонов в плети приведено на рисунке 5.6.

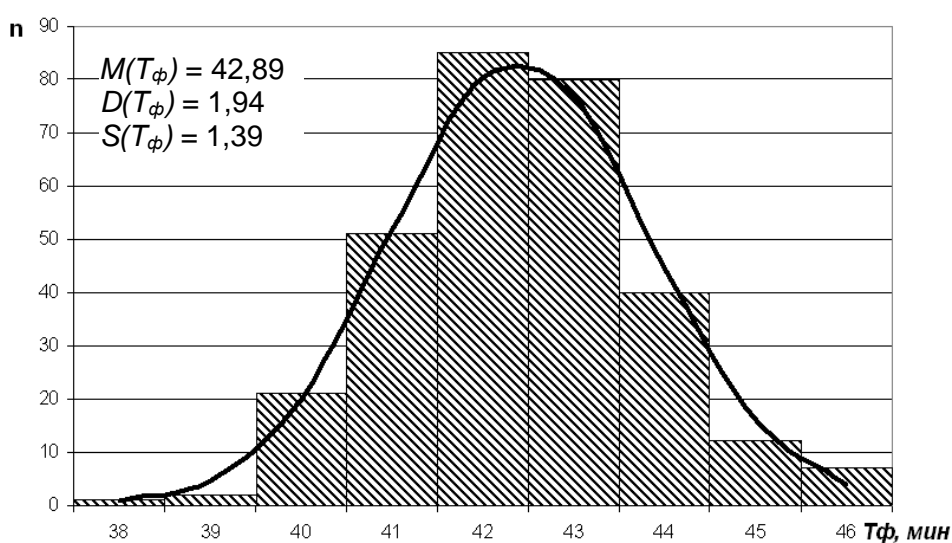


Рисунок 5.6 – Распределение случайной величины продолжительности формирования плети комбинаторным методом

Следует отметить, что в условиях интенсивного поступления экспортных вагонов на паромный комплекс, любая задержка в формировании плетей и перестановки их в выставочный парк может спровоцировать дополнительный непроизводительный простой парома в ожидании погрузки. Кроме того, при обработке паромов в форсированном режиме может наблюдаться дефицит маневровых средств вследствие их продолжительного нахождения в предпаромном парке на работах, связанных с формированием плетей. Следовательно, оптимизация каргоплана не может рассматриваться опосредованно, а должна применяться в комплексе с технологией форсированного режима обработки паромов.

5.6 Оценка эффективности форсированного режима обслуживания паромов

На продолжительность обработки паромов оказывает влияние принятая технология обслуживания, количество маневровых локомотивов, а также продолжительность контрольного досмотра и приёмо-сдаточных операций с вагонами и грузами.

Выше предложены два основных варианта обслуживания паромов: с привлечением двух и трёх маневровых локомотивов. Каждый из вариантов, в соответствии со складывающейся на комплексе эксплуатационной ситуацией к моменту прибытия парома, ориентирован на обеспечение требуемого режима (штатного или форсированного) его обработки.

Вариант технологии с тремя локомотивами, за счет обеспечения параллельности операций при накатке вагонов, позволяет добиться некоторого сокращения продолжительности обслуживания парома. В то же время данная технология требует задействования для погрузки парома дополнительного маневрового локомотива. При этом предполагается, что указанный локомотив будет отвлечен от обслуживания подъездных путей, что вызовет дополнительный простой местных вагонов. Таким образом, возникает задача обоснования применения форсированного режима обработки паромов.

Продолжительность обработки пара является случайной величиной, на которую существенное влияние оказывает ряд случайных факторов (необходимость дополнительных маневров с непринятыми вагонами, погодные условия, субъективные качества исполнителей и др.). Таким образом, нормативная продолжительность обслуживания паромов не может быть использована для сравнения вариантов.

Авторами [52] проведены исследования случайной величины продолжительности обслуживания каждого из четырёх паромов на паромном комплексе Ч по двум основным технологиям (с двумя и тремя маневровыми локомотивами). Результаты исследований приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Продолжительность обслуживания паромов

Количество ман. лок.	Время от начала швартовки первого пара до отшвартовки последнего, мин	Средний простой пара в ожидании освобождения причала, мин	Продолжительность обслуживания паромов, мин				Суммарная продолжительность обслуживания паромов, мин	Математическое ожидание продолжительности обслуживания пара, мин
			Г.С.	Г.П.	Г.О.	Г.Ш.		
2	6421,44	75,40	858,40	793,67	818,81	765,26	3236,14	484,8
3	6421,41	64,87	819,44	758,29	772,79	721,48	3072,00	460,8

Для обоснования применения форсированного режима обработки паромов необходимо оценить эффект от сокращения времени обработки паромов. Экономия от сокращения продолжительности обработки пара определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = N_p \times \Delta T_{\text{гр}}^{\text{пар}} \times C_{\text{пар}}, \quad (5.1)$$

где N_p – количество рейсов, выполняемых паромами за год;

$\Delta T_{\text{гр}}^{\text{пар}}$ – ожидаемое сокращение времени обработки паромов от применения форсированного режима;

$C_{\text{пар}}$ – приведенные затраты на один час содержания пара.

Среднее время оборота одного пара с учетом времени, затрачиваемого на ремонт и задержки, вызванные погодными условиями:

$$T_{\text{об}}^{\text{ср}} = \frac{n_{\text{пар}} \times T_{\text{г}}}{N_{\text{р}}}, \quad (5.2)$$

где $n_{\text{пар}}$ – количество задействованных паромов.

Согласно Приложению А.2 принято $n_{\text{пар}} = 4$ парома; $N_{\text{р}} = 547$ рейсов/год; $T_{\text{г}} = 8760$ ч. Тогда,

$$T_{\text{об}}^{\text{ср}} = \frac{4 \times 8760}{547} \approx 64,06 \text{ ч.}$$

Согласно табл. 5.1 сокращение времени обработки парома составит:

$$\Delta T_{\text{гр}}^{\text{пар}} = 484,8 - 460,8 = 24 \text{ мин} = 0,4 \text{ ч.}$$

В этом случае количество рейсов составит:

$$N_{\text{р}} = \frac{4 \times 8760}{64,06 - 0,4} \approx 550 \text{ рейсов.}$$

Отсюда

$$\Xi = 550 \times 0,4 \times 3500 = 770000 \text{ грн.}$$

5.7 Выводы по пятому разделу

Режим работы паромного комплекса (штатный, форсированный, ресурсосберегающий) следует выбирать исходя из потребной интенсивности обслуживания паромов.

Анализ предложенной методики оптимизации каргоплана парома показал, что наибольший эффект от сокращения продолжительности формирования плетей следует ожидать в условиях высокой интенсивности поступления на комплекс экспортных вагонов. Данная методика должна использоваться в комплексе с технологией форсированной обработки парома.

Технология форсированной обработки паромов требует привлечения третьего маневрового локомотива. Данное обстоятельство может вызвать дополнительные расходы, связанные с сверхнормативным простоем местных вагонов. В связи с этим выполнено обоснование применения форсированного режима обработки паромов.

Полученные результаты свидетельствуют о значительном экономическом эффекте от сокращения обработки паромов (770 тыс. грн.). Принимая во внимание эпизодический и кратковременный характер отвлечения третьего маневрового локомотива от обслуживания подъездных путей для погрузки паромов, можно утверждать, что это не вызовет значительной задержки в развозе местного груза. Следовательно, применение форсированного режима обработки паромов экономически целесообразно.

Ресурсосберегающий режим обработки паромов может применяться лишь в исключительных случаях. Основными же режимами обслуживания паромов являются штатный и форсированный.

ВЫВОДЫ

Проведенные в данной магистерской дипломной работе исследования позволили прийти к следующим основным выводам и результатам.

Интеграция украинских железных дорог в трансъевропейскую транспортную сеть должна основываться на повсеместном использовании принципов интероперабельности. Достижение высокого уровня технико-эксплуатационной совместимости железных дорог является главной задачей на пути повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта.

Одним из важных звеньев цепи поставок товаров в международном сообщении являются паромные переправы. Однако в настоящее время наблюдается незначительная загрузка международных паромных переправ. Так, проведенный анализ показал, что за первое полугодие 2015 г. морскими портами Украины переработано 73223,8 тыс. т различных грузов, в том числе 188,9 тыс. т грузов на паромах, что составляет 0,3% от общей переработки

Анализ научных исследований, практических разработок и нормативных документов по данной тематике показал, что вопросам совершенствования работы железнодорожных устройств паромных переправ в контексте комплексного взаимодействия видов транспорта и обеспечения высокого уровня интероперабельности железнодорожных систем в пунктах транshipmentа уделяется незначительное внимание.

В работе проведен анализ работы международной паромной переправы Ч-В. Установлено, что на данный момент на паромном комплексе В наблюдается острый дефицит в применении современных технических средств в обеспечении интероперабельности железнодорожных систем колеи 1520 мм и 1435 мм. Также остаются неразрешенными ряд правовых вопросов организации паромного сообщения. Не решены проблемы гармонизации существующей нормативной базы с нынедействующей европейской.

В настоящей работе предложены меры к оптимизации каргоплана погрузки парома. Критерием выбора оптимального каргоплана определена про-

должительность формирования плетей. Оптимальный каргоплан должен обеспечивать наименьшую продолжительность формирования плетей при безусловном выполнении ограничений по загрузке парома. С этой целью была разработана программа, моделирующая допустимые варианты каргоплана.

На следующем этапе выполнена оптимизация процесса формирования плетей. Для этого использовалась компьютерная программа поиска квази-оптимальной схемы формирования состава плети комбинаторным и распределительным методами. Установлено, что в большинстве случаев применение комбинаторного метода обеспечивает меньшую по сравнению с распределительным методом продолжительность формирования плетей.

В результате оптимизации установлен оптимальный для принятого исходного состава экспортных вагонов каргоплан погрузки парома. Суммарная продолжительность формирования плетей для указанного варианта составила 137,1 мин. Однако анализ полученных величин продолжительности формирования плетей по другим допустимым вариантам каргоплана показал их практическую равноценность. Данное обстоятельство вызвано незначительным разбросом значений (в пределах 3-6 мин) продолжительности формирования по вариантам для каждой плети, что достигается за счёт оптимизации схемы формирования. Этот факт свидетельствует об отсутствии необходимости моделирования большого числа допустимых вариантов каргоплана для поиска оптимального.

В работе предложено выполнять выбор технологии обработки паромов в зависимости от интенсивности поступления комплекс экспортных вагонов. При этом варианты технологии предусматривают привлечение различного числа маневровых локомотивов:

- штатный режим – 2 локомотива;
- форсированный режим – 3 локомотива;
- ресурсосберегающий режим – 1 локомотив.

Установлено, что применение форсированного режима позволяет сократить продолжительность обслуживания парома на 0,4 ч.

В работе выполнено обоснование применения форсированного режима обслуживания паромов. Ежегодная экономия от внедрения указанных мероприятий составит 770 тыс. грн. При этом учтено, что третий локомотив будет эпизодически отвлекаться от обслуживания подъездных путей, примыкающих к железнодорожной станции П, что не вызовет значительных задержек в развозе местного груза. Следовательно, можно утверждать, что технология обработки паромов с применением трёх маневровых локомотивов в условиях устойчиво высокого потока экспортных вагонов является экономически целесообразной.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Черевацкая Н. Р. Морские паромные переправы: Линии паромных сообщений. – М.: ЦБНТИ ММФ СССР, 1979. – 80 с.
2. Кособокова Е. Н. Параметры железнодорожных комплексов морских паромных переправ: Автореф. дис. на соиск. ученой степ. к.т.н. – СПб, 2005. 23 с.
3. Сотников Е. А. Железные дороги мира: из XIX в XXI. – М., Транспорт, 1993. – 200 с.
4. Куликова В. А. Координация работы железнодорожного и водного транспорта в условиях функционирования паромных переправ. Автореф. дис. на соиск. ученой степ. к.т.н. – М., 1984. – 23 с.
5. Лазарев Х. М. Оптимизация перевозок с использованием паромных переправ // Взаимодействие разных видов транспорта и контейнерные перевозки (Итоги науки и техники) / ВИНТИ. – М., 1987. – № 13. – С. 3-33.
6. Серова А. А. Железнодорожные паромные переправы // Железнодорожный транспорт. – 1988. – № 1. – С. 73-76.
7. Жукова Н. Берег левый, берег правый свяжет дружбой переправа! // Гудок. – 2004. – 24 сентября.
8. Иванов Б. Связующая нить // Гудок. – 2004. – 13 ноября.
9. Международная паромная переправа Ильичевск-Варна: А. Е. Суколенов, Э. Захариев, И. Г. Гутин и др.; Под ред. А. Е. Суколенова. – М.: Транспорт, 1989. – 103 с.
10. Черевацкая Н. Р. Портовые комплексы для специализированных судов: Паромные комплексы. – М., 1979. – 98 с.
11. Болотный В. Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций: Учебное пособие. – М.: Транспорт, 1986. – 280 с.
12. Болотный В. Я. Паромные переправы и технология их работы // Железнодорожный транспорт. – 1984. – № 3. – С. 30-32.

13. Болотный В. Я. Методика определения мощности основных железнодорожных устройств в морских портах // Сборник трудов / МИИТ. – М., 1972. – Вып. 29. – С. 102-131.
14. Нурмухамедов Р. З. Оптимизация работы портовой станции с паромной переправой путем применения математических методов. – Ташкент: ТашиИИТ, 1975. – 80 с.
15. Нурмухамедов Р. З. Пути рациональной организации местной работы портовой станции и прилегающего к ней участка // Сборник трудов / ТашиИИТ. – 1975. – Вып. 119. – С. 3-12.
16. Нурмухамедов Р. З. Расчет числа путей в предпаромном парке с учетом суточной неравномерности прибытия вагонов, отправляемых паромными // Сборник трудов / МИИТ. – 1975. – Вып. 497. – С. 96-98.
17. Нурмухамедов Р. З., Маисова Г.А. Расчет пропускной способности паромных переправ и исследование процесса накопления вагонов, отправляемых паромными // Сборник трудов / ТашиИИТ. – Ташкент, 1976. – Вып. 132. – С. 34-41.
18. Мокейчев Е. Ю. Разработка схем и методов расчета железнодорожных устройств морских паромных переправ: Автореф. дис. на соиск. ученой степ. к.т.н. – М., 1988. – 23 с.
19. Фокин А. В. Разработка методики комплексного проектирования и обоснования морской железнодорожной переправы с использованием многоцелевого грузового железнодорожного паромов: Автореф. дис. на соиск. ученой степ. к.т.н. – М., 1993. – 36 с.
20. Куликова В. А. Вопросы совершенствования работы паромных переправ // Сборник трудов / МИИТ. – 1982. – Вып. 631. – С. 25-37.
21. Куликова В. А. Выбор оптимальной стратегии функционирования паромных переправ / МИИТ. – М., 1984. – 21 с.
22. Симонян С. А. Взаимодействие предпаромной станции и паромного комплекса (на примере паромной переправы Клайпеда (СССР) - Мукран (ГДР)): Автореф. дис. на соиск. ученой степ, к.т.н. – М., 1989. – 24 с.

23. Гутин И. Г. Эффективность паромных сообщений (на примере эксплуатации Каспийской и проектирования Сахалинской паромных переправ): Труды ИКТП. – М., 1969. – № 11. – 135 с.

24. Кирста Л. Н. Основные условия эффективной работы паромных переправ. // Сборник трудов / МИИТ. – 1981. – Вып. 659. – С. 53-60.

25. Логинов С. И. Схемы и технология работы железнодорожных станций, обслуживающих морские паромные переправы / Логинов С. И., Рыбин П. К., Гарбузова З. Н. // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом: Сборник научных трудов. Петербург. гос. ун-т путей сообщ. СПб: Изд-во ПГУПС. – 2002. – С. 117-127.

26. Крикунова Е. Н. Комплекс железнодорожных устройств по обслуживанию железнодорожно-морских переправ / Крикунова Е. Н., Логинов С. И. // Шаг в будущее (Неделя науки-2003): Межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 2003: Межвузовский сборник научных трудов. СПб: Изд-во ПГУПС. – 2003. – С. 134-138.

27. Инвестиции в Усть-Лугу // РЖД-Партнер. – 2006. – № 1. – С. 11.

28. Helmke Bjorn Verbindung mit politischer Sprengkraft // DVZ: Dtsch. Logist.-Ztg. – 2006. – № 140. – 20 с.

29. Fahre Sassnitz-Baltijsk eroffnet neue Wege // DVZ: Dtsch. Logist.-Ztg., 2007. – Sonderbeil. 17 Nov. Osteuropa. – 11 с.

30. Eisenbahnfahre nach Georgien // DVZ: Dtsch. Logist.-Ztg. – 2007. – № 46. – С. 14.

31. Баритко А. Л. Издержки паромного бума // Железнодорожный транспорт. – 1997. – № 2. – С. 32-37.

32. Смехов А. А. Математические модели процессов грузовой работы. – М.: Транспорт, 1982. – 256 с.

33. Казымбетова И. Х. Типовая модель железнодорожных паромных перевозок / Казымбетова И. Х., Петухов В. С., Яровицкий Н. В. // Вопросы исследования транспортных систем / ИК АН УССР. – Киев. – 1976. – С. 48-57.

34. Кособокова Е. Н. О моделировании работы станции обслуживания паромной переправы // Изв. Петербург. ун-та путей сообщ. – 2005. – № 1. – С. 11-17.

35. Переробка вантажів у морських (річкових) портах (причалах) України за I півріччя 2015 року // Державний комітет статистики України. – Режим доступа: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/08/Arch_pvm_dop.htm

36. В январе-сентябре паромный комплекс порта «Черноморск» обслужил 284 судозахода [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ports.com.ua/news/v-yanvare-sentyabre-paromnyy-kompleks-porta-chernomorsk-prinyal-284-sudozakhoda>

37. «Укрферри» о проблемных точках паромных перевозок в Черном море [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ports.com.ua/articles/ukrferri-o-problemnykh-tochkakh-paromnykh-perevozok-v-chernom-more1510132344>

38. Укрзалізниця закликала морських перевізників удосконалити перевезення вантажів у залізнично-паромному сполученні між Україною та Грузією через порт Іллічівськ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.uspa.gov.ua/pres-tsentr/novini/novini-galuzi/14437-ukrzaliznytsya-prizvala-morskikh-perevozchikov-usovershenstvovat-perevozki-gruzov-v-zheleznodorozhno-paromnom-soobshchenii-mezhdu-ukrainoj-i-gruziej-cherez-port-ilichevsk>

39. Бобров С. Паромная тема // Весь транспорт. – 2002. – № 5-6. – С. 70-71.

40. Документы, регулирующие работу международной паромной переправы Ильичевск-Варна // Державна адміністрація залізничного транспорту України. – Режим доступа: <http://www.uz.gov.ua/ci/c/bolgaria/ferry/vstupl.html>

41. Ткаченко О. П. Железнодорожные системы колеи 1520 мм и 1435 мм. Вопросы интероперабельности и технического регулирования. Задачи Контактной группы ОСЖД/ERA / Ткаченко О. П., Гнатенко Д. В., Логвинов Г. В. // Залізничний транспорт України. – 2010. – № 3. – С. 3-4.

42. Дьомін Ю. В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення). – Київ: Юніон Прес, 2001, 342 с.
43. Бобровский В. И. Автоматизация составления сортировочного листа при использовании комбинаторного метода сортировки вагонов // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на железнодорожных станциях: Межвуз. сб. научн. тр. – Днепропетровск: ДИИТ, 1990. – С. 60-69.
44. Бобровский В. И. Оптимизация формирования многогруппных составов // Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2000. – №6. – С. 10-14.
45. Архангельский Е. В., Фарберов Я. Д. Формирование состава многогруппного поезда (Франция) // Железнодорожный транспорт за рубежом: ЦНИИТЭИ МПС. – 1975. – № 2 (164). – С. 65-67.
46. Флодр Ф., Майжиш В., Волески К. Технология работы станций формирования поездов: Пер. с чеш. - М.: Транспорт, 1989. – 134 с.
47. Дерюгин И. В., Макаров В. М. По методу многогруппной сортировки // Железнодорожный транспорт. – 1987. – № 2. – С. 26-27.
48. Тишкин Е. М. Метод комбинаторной сортировки вагонов – основа интенсивной технологии местной работы // Вестник ВНИИЖТа. – 1987. – №2. – С. 1-6.
49. Лорин Г. Сортировка и системы сортировки. – М.: Наука, 1983. – 384 с.
50. Воробьев Н. И. Числа Фибоначчи. – М.: Наука, 1984. – 144 с.
51. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. т. 3, Сортировка и поиск. – М.: Мир, 1978. – 844 с.
52. Шепета А. М. Исследование и совершенствование организации и технологии работы железнодорожной станции Ильичевск-Паромная // Промежуточный отчет / ДИИТ. – 1984. – 45 с.

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1.1 – Классификация судов накатного типа

Рисунок 1.2 – Основные паромные переправы Западной Европы

Рисунок 1.3 – Схема железнодорожных паромных переправ, действующих

Рисунок 1.4 – Схемы расположения сортировочных и выставочных путей по отношению к линии кордона паромного причала:

Рисунок 1.5 – Схема паромной станции Драугисте

Рисунок 1.6 – Схема станции Варна-Паромная

Рисунок 1.7 – Схема железнодорожных подходов к двухъярусному ППМ:

Рисунок 2.1 – Береговой паромный комплекс Ч

Рисунок 2.2 – Путевое развитие паромного района

Рисунок 2.3 – Схема путевого развития предпаромного парка станции П

Рисунок 2.4 – Схема путевого развития выставочного парка станции П

Рисунок 2.5 – Схема станции В-П и прилегающих к ней участков:

Рисунок 2.6 – Схема пункта перестановки тележек станции В-П

Рисунок 2.7 – Схема пункта перегрузки грузов:

Рисунок 2.8 – Схема путевого развития и размещение вагонов на пароме

Рисунок 3.1 – Структура переработки грузов в портах

Рисунок 3.2 – Грузооборот паромной линии Ч

Рисунок 3.3 – Пятниковый адаптер

Рисунок 3.4 – Схема постановки в поезд вагонов с различными системами сцепки

Рисунок 3.5 – Межвагонный сцеп с выдвигающимися буферами:

Рисунок 4.1 – Расположение условных мест по палубным путям парома

Рисунок 4.2 – Фрагмент файла исходных данных parom!

Рисунок 4.3 – Укрупненная блок-схема алгоритма моделирования допустимых вариантов карго-плана

Рисунок 4.4 – Распределение вагонов плетей по условным местам палубных путей парома

Рисунок 4.5 – Пример результата моделирования в программе KARGO

Рисунок 4.6 – Главное окно программы FormirMN

Рисунок 4.7 – Распределение случайной величины продолжительности формирования плетей различными методами:

Рисунок 5.1 – Расчетная схема маневровых передвижений по обслуживанию парома

Рисунок 5.2 – Технология обслуживания парома в штатном режиме

Рисунок 5.3 – Технологический план-график обработки паромов в штатном режиме.

Рисунок 5.4 – Сетевой график обработки парома двумя локомотивами

Рисунок 5.5 – Технологическая схема обслуживания парома в форсированном режиме

Рисунок 5.6 – Распределение случайной величины продолжительности формирования плети комбинаторным методом

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1.1 – Характеристики железнодорожных паромных переправ

Таблица 2.1 – Характеристика путей предпаромного парка станции П

Таблица 2.2 – Длина путей на палубах и размещение на них вагонов

Таблица 3.1 – Показатели работы станции П

Таблица 4.1 – Данные о палубных путях парома

Таблица 4.2 – Фибоначчиева запись номеров групп

Таблица 4.3 – Результаты оптимизации процесса формирования плетей

АННОТАЦИЯ

Паромные переправы Украины являются важным звеном в цепи международных перевозок грузов. В работе проведен анализ показателей функционирования международной паромной переправы и условий обеспечения интероперабельности железнодорожных систем береговых паромных комплексов Украины и ЕС.

Выполнено исследование работы берегового паромного комплекса Ч. Предложена методика оптимизации каргоплана погрузки парома. Разработана программа, моделирующая допустимые варианты расстановки вагонов по палубным путям парома. Для определения оптимального варианта каргоплана проведена оптимизация процесса формирования плетей экспортных вагонов с применением комбинаторного и распределительного методов.

Разработана математическая модель функционирования берегового паромного комплекса. Данная модель представлена в виде сетевого графика и может быть использована для исследования взаимного влияния технологических операций обслуживания парома. В работе предложено осуществлять выбор режима обработки парома в соответствии с количеством экспортных вагонов, ожидающих на предпаромной станции. Выполнена оценка экономической эффективности технологии погрузки парома с привлечением трёх маневровых локомотивов.

Ключевые слова: железнодорожный паром, интероперабельность, каргоплан, сортировка многогруппных составов

SUMMARY

Ukrainian train ferry crossings are the important link of the international goods transportation chain. The performance analysis of the international train ferry and the conditions for ensuring the interoperability of rail systems of coastal ferry complexes of Ukraine and the EU was performed.

A study of the coastal ferry complex functioning and the method of vessel stowage list optimization were made. The simulation program for providing allowable placement options of cars on the deck tracks was elaborated. To determine the best stowage list the optimization of the formation of the groups of cars was made using combinatorial and distribution methods.

The mathematical model of ferry processing at coastal ferry complex was build. This model was presented as a network chart and can be used for investigation of the interference of ferry service technological operations. It was proposed to chose the processing mode of the ferry in accordance with the number of export cars waiting at the pre-ferry station. An assessment of the economic efficiency of loading the ferry with the involvement of three shunting locomotives was performed.

Keywords: train ferry, interoperability, vessel stowage list, multigroup train classification