

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра "Управление эксплуатационной работой"

Н. Н. КАЗАКОВ

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ РЕЧНОГО ФЛОТА

Учебное пособие

Гомель 2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра "Управление эксплуатационной работой"

Н. Н. КАЗАКОВ

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ РЕЧНОГО ФЛОТА

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений
по специальности «Организация перевозок и управление на речном транспорте»*

Гомель 2012

УДК 656.6 (075.8)
ББК 39.48
К14

Р е ц е н з е н т ы : *Л. Ф. Догиль*, заведующий кафедрой «Коммерческая деятельность и бухгалтерский учет на транспорте» Учреждения образования «Белорусский национальный технический университет», д-р. экон. наук, профессор;
М. И. Туманов, главный специалист по перевозкам и эксплуатации флота Республиканского транспортного унитарного предприятия «Белорусское речное пароходство»

Казаков, Н. Н.

К14 Организация работы речного флота : учеб. пособие / Н. Н. Казаков ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 294 с.
ISBN 978-985-554-039-8

Изложены основы организации перевозок грузов и пассажиров речным транспортом. В систематизированном виде представлена характеристика транспортного флота, охарактеризованы транспортный процесс и технологические процессы работы транспортного судна. Рассмотрены вопросы технического нормирования и оценки работы речного транспорта на перевозках, освещены вопросы планирования перевозок и оперативного управления работой флота. Приведены особенности технологии и организации перевозок пассажиров, отдельных видов грузов, а также перевозочного процесса, протекающего в особых условиях.

Предназначено для студентов специальности 1-44 01 04 «Организация перевозок и управление на речном транспорте».

УДК 656.6 (075.8)
ББК 39.48

ISBN 978-985-554-039-8

© Казаков Н. Н., 2012
© Оформление. УО «БелГУТ», 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА.....	7
1.1 Материально-техническая база речного транспорта.....	7
1.2 Характеристика флота	10
1.3 Характеристика водных путей.....	17
1.4 Характеристика речных портов и других прибрежных пунктов.....	28
1.5 Характеристика судоремонтных и судостроительных предприятий.....	38
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА.....	41
2.1 Технические характеристики транспортного флота.....	41
2.2 Основные типы транспортных судов.....	44
2.3 Эксплуатационные характеристики транспортного судна.....	50
2.4 Экономические характеристики транспортного судна.....	57
3 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ РЕЧНОГО ФЛОТА.....	66
3.1 Характеристика транспортного процесса.....	66
3.2 Классификация перевозок грузов и пассажиров.....	68
3.3 Показатели перевозок грузов и пассажиров.....	70
3.4 Формы изображения грузовых и пассажирских потоков.....	76
3.5 Технологические процессы работы транспортного судна.....	84
4 ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ РЕЧНЫМ ТРАНСПОРТОМ И ДВИЖЕНИЯ ФЛОТА.....	91
4.1 Понятие об организации перевозок и движения флота.....	91
4.2 Формы организации движения флота.....	92
4.3 Сочетание грузовых потоков. Понятия о грузовой линии и грузовом кольце.....	93
4.4 Характеристики грузовой линии.....	96
4.5 Разработка расписания движения флота.....	100
4.6 Тяговое обслуживание несамоходного флота.....	104
4.7 Пропускная способность водного пути и провозная способность флота.....	109
4.7.1 Расчет пропускной способности однопутного участка.....	111
4.7.2 Расчет пропускной способности шлюзованной системы.....	114
4.7.3 Расчет пропускной способности порта.....	119
5 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА.....	123
5.1 Значение технического нормирования и состав технических норм.....	123
5.2 Общая характеристика методов технического нормирования.....	125
5.3 Техническое нормирование загрузки флота.....	127
5.4 Техническое нормирование скорости и продолжительности движения флота.....	140
5.4.1 Определение расчетной скорости движения грузового самоходного судна.....	140

5.4.2	Учет влияния навигационной обстановки на техническую скорость судов и составов.....	141
5.4.3	Определение расчетной скорости движения составов несамоходных судов.....	145
5.4.4	Учет влияния мелководья, волнения и кривизны русла на техническую скорость судов и составов.....	149
5.4.5	Решение тяговых задач для плотовых составов.....	155
5.5	Техническое нормирование продолжительности обработки флота в портах.....	158
5.5.1	Техническое нормирование продолжительности грузовых операций....	158
5.5.2	Техническое нормирование продолжительности технических операций.....	174
5.5.3	Техническое нормирование продолжительности технологических операций.....	177
5.6	Анализ выполнения технических норм и их корректировка.....	197
6	ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА.....	198
6.1	Общая характеристика системы эксплуатационных показателей работы транспортного флота.....	198
6.2	Расчет эксплуатационных показателей работы флота.....	200
6.2.1	Расчет эксплуатационных показателей нагрузки.....	200
6.2.2	Расчет эксплуатационных показателей скорости.....	205
6.2.3	Расчет показателей использования флота по времени.....	206
6.2.4	Расчет эксплуатационных показателей производительности.....	208
6.3	Зависимость эксплуатационных показателей от условий работы флота.....	210
6.4	Экономические показатели работы транспортного флота.....	213
6.4.1	Эксплуатационные расходы и себестоимость перевозок.....	213
6.4.2	Доходы, прибыль и рентабельность перевозок. Производительность труда.....	216
6.5	Взаимосвязь эксплуатационных и экономических показателей работы флота.....	220
7	ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ФЛОТА.....	221
7.1	Сущность и назначение анализа показателей работы флота.....	221
7.2	Исходные принципы и методы статистического анализа.....	221
7.3	Назначение факторного анализа.....	224
7.4	Методы факторного анализа.....	225
7.4.1	Метод цепных подстановок.....	226
7.4.2	Метод разниц.....	228
7.4.3	Кольцевой метод.....	229
7.4.4	Метод выявления влияния структурных изменений.....	230
7.4.5	Логарифмический метод.....	231
8	ПЛАНИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОК НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	232
8.1	Навигационное планирование работы флота.....	232
8.1.1	Понятие о графике движения флота.....	232
8.1.2	Последовательность и исходные данные для разработки навигационного плана работы флота.....	233

8.1.3 План освоения грузопотоков.....	236
8.1.4 План портового и путевого обслуживания грузового флота.....	242
8.1.5 План тягового обслуживания.....	243
8.1.6 План эксплуатационной работы судоходной компании.....	245
8.2 Техническое планирование работы флота.....	246
8.3 Оперативное планирование работы флота.....	249
8.4 Судовое планирование работы флота.....	251
9 ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ ФЛОТА.....	254
10 ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ И ПАССАЖИРОВ.....	258
10.1 Организация пассажирских перевозок.....	258
10.2 Особенности организации перевозок грузов в крупнотоннажных судах и большегрузных составах	267
10.3 Особенности организации перевозок леса в плотках.....	271
10.4 Особенности организации перевозок нефтепродуктов.....	276
10.5 Особенности организации работы флота в ледовых условиях.....	279
10.6 Особенности организации перевозок грузов в контейнерах и пакетах.....	283
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	289
Приложение А Техническая характеристика флота.....	290

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Организация работы флота» является одной из основных профилирующих дисциплин в системе подготовки инженеров речного транспорта. Цель дисциплины – формирование у студента целостного представления о системе организации работы речного флота, технологии его работы в различных условиях и получение навыков организации перевозок грузов речным транспортом.

Речной транспорт является составной частью транспортной системы Республики Беларусь. Качество его работы оказывает влияние на состояние экономики страны и во многом определяется эффективностью организации перевозок грузов и организации работы флота.

В настоящее время деятельность речного транспорта Республики Беларусь в основном сосредоточена на добычу строительных материалов из русел рек и доставке их до портов. Специфика основного рода деятельности предприятий речного транспорта, сложившаяся в настоящее время, определяет специфику мероприятий организации перевозок, маркетинговой и прочих видов деятельности Белорусского речного пароходства, которая выражается в уменьшении среднего расстояния перевозок и грузооборота, упрощении системы оперативного регулирования движением флота, систем планирования и технического нормирования работы флота. Однако, в современных условиях, когда стремление сокращения транспортной составляющей в цене товара, а также стремление предприятий транспорта контролировать издержки, становятся значимыми мероприятиями повышения эффективности работы транспорта, рациональный подход к организации работы флота приобретает особую значимость.

Организация – составная часть управления, суть которой заключается в координации действий отдельных элементов системы, достижении взаимного соответствия функционирования ее частей с целью повышения эффективности работы всей системы. В учебном пособии приведен методический материал, в котором представлено сочетание материально-технической базы речного транспорта с методами эффективной организации перевозок грузов, а мероприятия организации движения флота – как процесс формирования эффективной системы перевозок в пределах имеющихся ресурсов и многочисленных внешних факторов.

Автор выражает благодарность профессору Л. Ф. Догилю и главному специалисту по перевозкам и эксплуатации флота Белорусского речного пароходства М. И. Туманову за ценные рекомендации по улучшению рукописи и рецензирование учебного пособия.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

1.1 Материально-техническая база речного транспорта

Материально-техническая база речного транспорта представляет многообразный производственный комплекс технических средств самого судоходства и его обеспечения и включает следующие производственные подразделения: флот, порты, судоходные пути и гидротехнические сооружения, судоремонтные и судостроительные предприятия и средства управления судоходством. Многообразие элементов материально-технической базы речного транспорта наглядно представлено на рисунке 1.1.

Флот состоит из транспортных, технических и вспомогательных судов. Транспортные суда предназначены для перевозки грузов и пассажиров; технические – для выполнения работ по поддержанию габаритов пути и обслуживания судоходной обстановки (например, плавучие краны, землечерпательные снаряды и т.д.); служебно-вспомогательные – для обслуживания транспортного и технического флота, перегрузочных работ и других видов деятельности речного транспорта (ледоколы, суда, обслуживающие навигационную обстановку и т.д.).

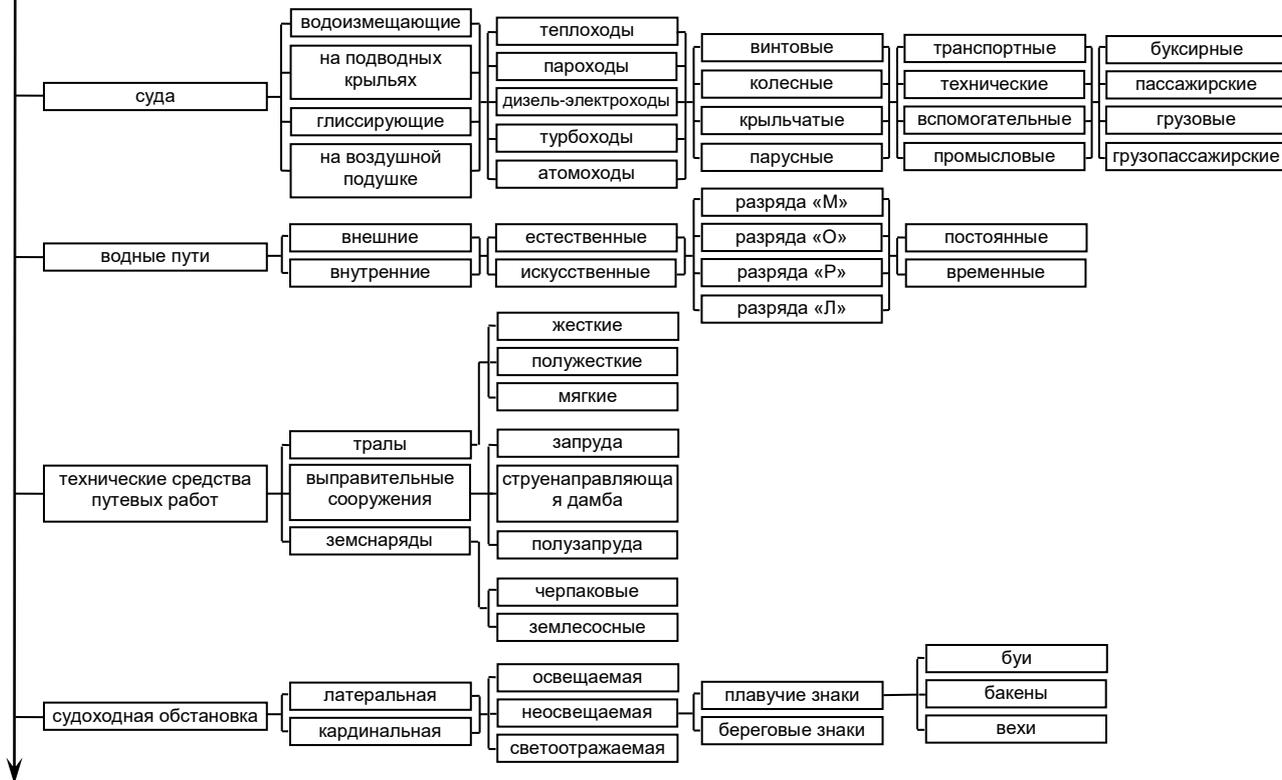
Порт, как комплекс технических средств, предназначен для приема, хранения и отправления грузов; производства перегрузочных работ; посадки, высадки и обслуживания пассажиров; обслуживания и безопасного отстоя транспортных судов. Соответственно такой комплекс включает причальные и оградительные гидротехнические сооружения, перегрузочные машины и механизированные установки, подъездные и внутривортовые железнодорожные и автодорожные пути, склады, оборудованные рейды.

Судоходные пути предназначены для безопасного движения в обоих направлениях судов, судовых и плотовых составов и состоят из естественных (реки в свободном состоянии, озера и внутренние моря) и искусственных (каналы, шлюзованные реки с водохранилищами, участки рек с зарегулированным стоком) водных путей.

8 1 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

Внутренние судоходные пути, кроме того, подразделяются на пути с гарантированными габаритами и без них, на пути с освещаемой и неосвещаемой обстановкой.

Основные объекты водно-транспортной системы



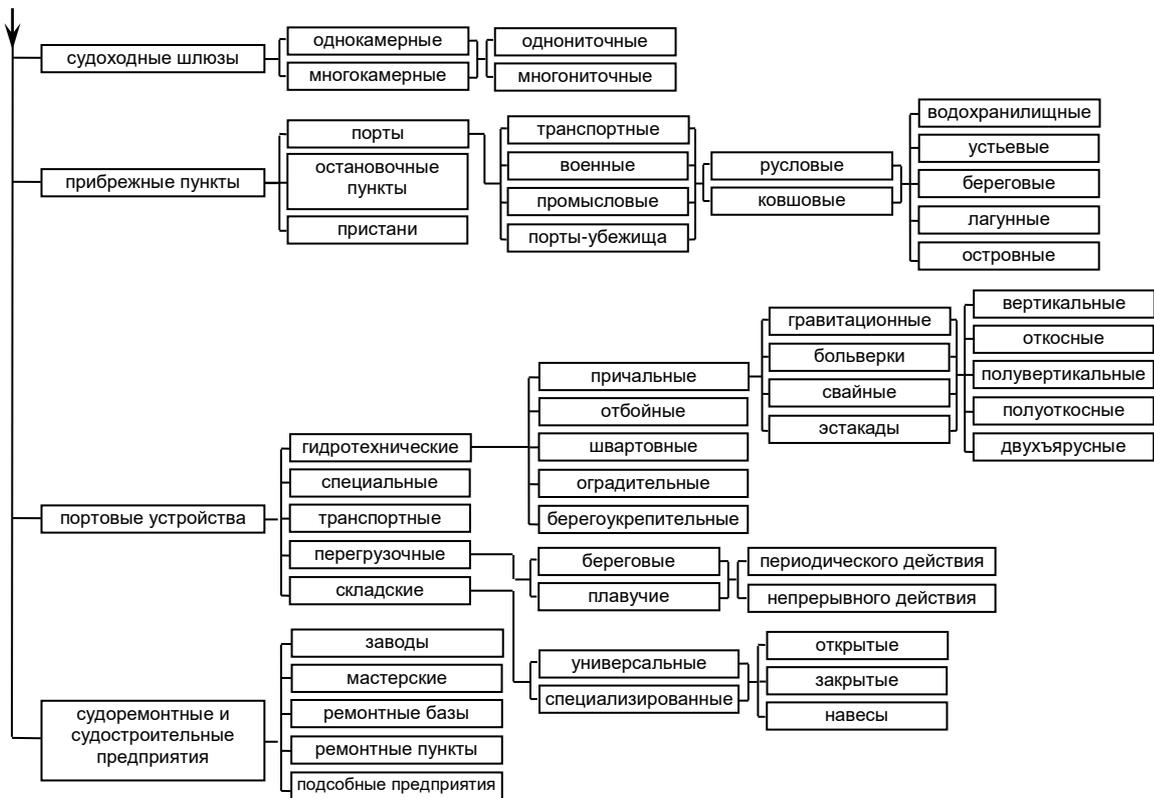


Рисунок 1.1 – Состав основных объектов материально-технической базы речного транспорта

Обеспечением условий для регулярной безаварийной работы водного транспорта занимаются работники путевого хозяйства, в состав материально-технической базы которого входят навигационные знаки, технический флот для проведения землечерпательных и выправительных работ, судопропускные сооружения на шлюзованных участках реки.

Судоремонтные предприятия (заводы, мастерские и ремонтно-эксплуатационные базы) осуществляют все виды ремонта судов и полное техническое их обслуживание для поддержания технического состояния судов в соответствии с Правилами технической эксплуатации речного транспорта.

Управление судоходством является важнейшим элементом транспортного процесса на внутренних водных путях. Ключевое значение при обеспечении централизации управления судовыми потоками и работой отдельных судов играют технические средства управления судоходством, предназначенные для сбора, передачи, обработки, хранения и избирательной выдачи информации по управлению транспортными процессами, и включают средства связи, вычислительную и организационную технику.

Планомерное и пропорциональное развитие объектов производственных подразделений речного транспорта является основой рациональной организации перевозок и повышения экономической эффективности его работы.

1.2 Характеристика флота

Флотом называется совокупность всех плавучих средств, объединенных условиями плавания (морской или речной), назначением (пассажирский, технический, вспомогательный), принадлежностью (например, флот Белорусского речного пароходства) или другими признаками.

Судно – сложное инженерное сооружение, способное плавать на воде и предназначенное для перевозок грузов, пассажиров или обслуживания судов, выполняющих эти перевозки, или для создания для них необходимых условий.

Основными признаками классификации судов являются: принадлежность судов, их назначение, род перевозимого груза, способ движения, специализация, принцип движения, тип двигателя, тип движителя, район плавания, способ загрузки-разгрузки и материал корпуса (рисунок 1.2).

По назначению все суда делят на четыре группы: транспортные, технические, вспомогательные и промысловые.

Транспортные суда используют для доставки пассажиров и грузов и подразделяют на пассажирские, грузопассажирские, грузовые и буксирные. Данная группа судов является основной, посредством которой и

12 1 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

осуществляется основная деятельность речного транспорта, поэтому характеристика транспортного флота выполнена более детально и приведена в разд. 2.

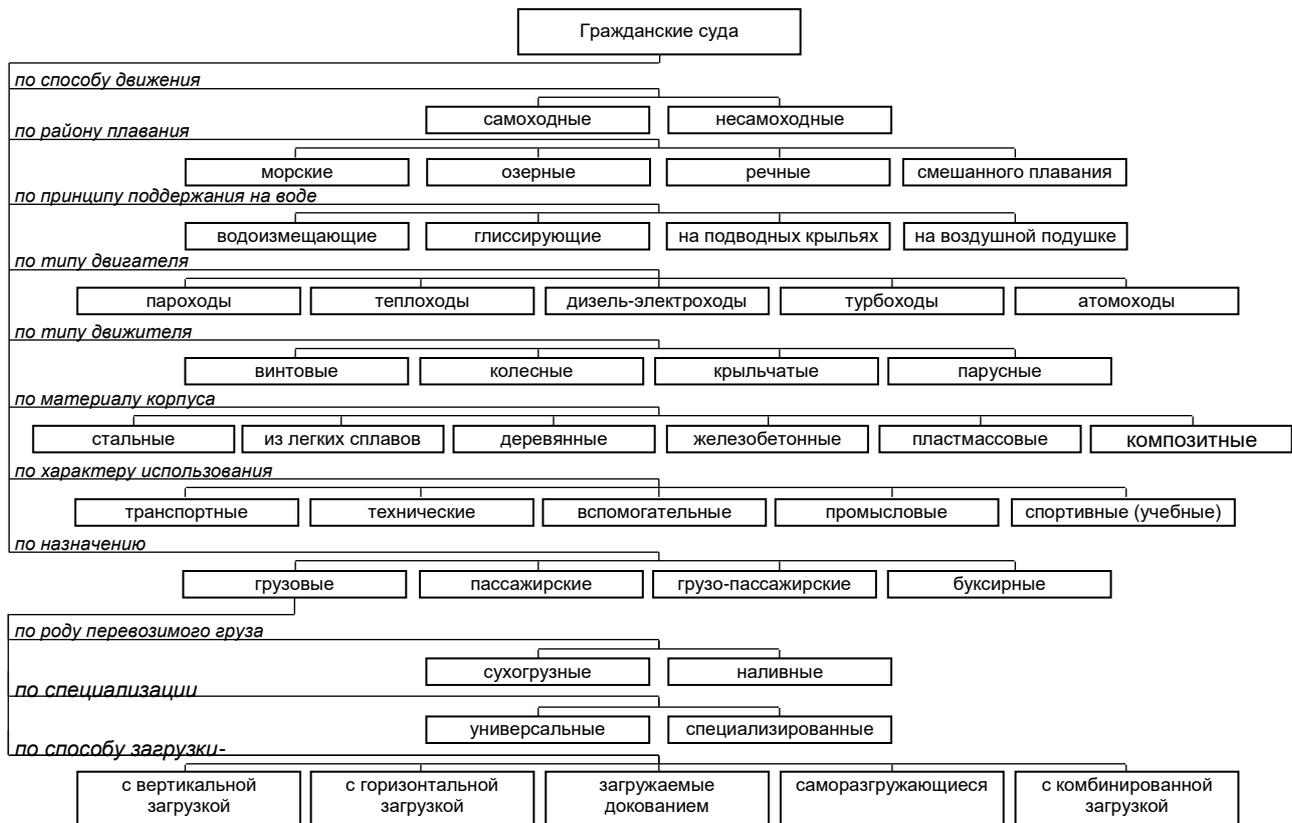


Рисунок 1.2 – Классификация судов

В составе технического флота сгруппированы суда, выполняющие путевые и грузовые работы. Вспомогательный флот обслуживает транспортные суда, обеспечивает нормальное течение транспортного процесса. Схемы судов технического и вспомогательного флота приведены на рисунке 1.3.

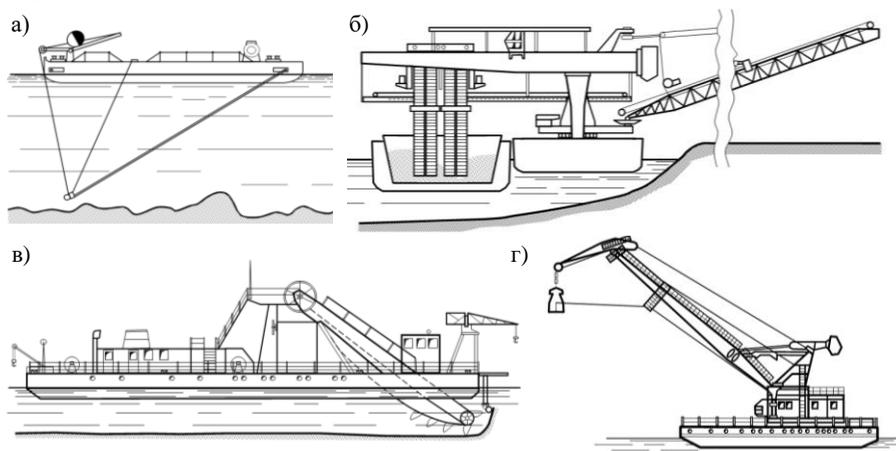


Рисунок 1.3 – Суда технического и вспомогательного флота:
а – жесткий трал; *б* – плавучий перегружатель; *в* – земснаряд; *г* – плавучий кран

В свою очередь транспортный флот классифицируют по роду перевозимого груза, способу движения и специализации судов.

По роду перевозимого груза выделяют сухогрузные и наливные суда, каждое из которых по способу движения может быть отнесено к самоходному или несамоходному флоту. К самоходным относятся суда, которые приводятся в движение механической установкой, находящейся непосредственно на судне, к несамоходным – суда, которые не имеют на борту механической установки для самостоятельного движения и перемещаются буксирами-толкачами.

По специализации различают суда универсальные, которые предназначены для перевозки тарно-штучных, навалочных и насыпных грузов, и специализированные, которые предназначены обычно для перевозки одного рода грузов (лесовозы, автомобилевозы, овощевозы и т. д.).

По принципу движения все суда делятся на водоизмещающие, глиссирующие, на подводных крыльях и на воздушной подушке.

К водоизмещающим относятся суда, поддерживаемые на плаву гидростатическими силами. Это наиболее распространенная на речном транспорте группа судов, поддержание на воде которых осуществляется за

счет уравнивания веса судна P с грузом и гидростатической (архимедовой) силы P_y (рисунок 1.4).

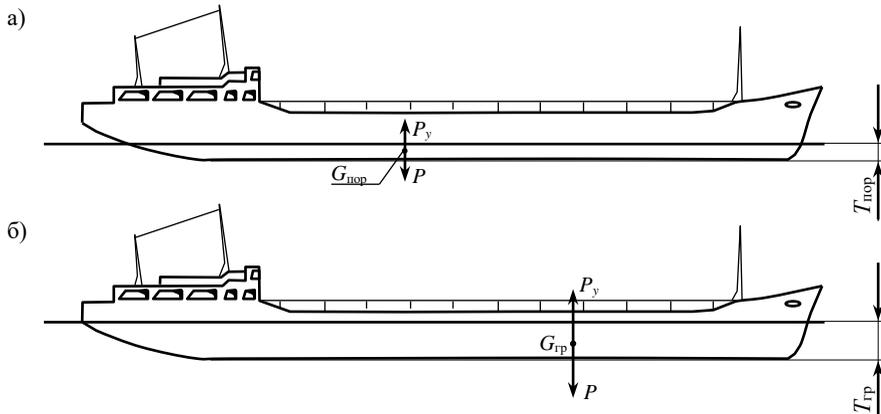


Рисунок 1.4 – Принципиальная схема водоизмещающего судна:
 а – в порожнем состоянии; б – в груженом состоянии; $G_{пор}$, $G_{гр}$ – центр тяжести, соответственно, порожнего и груженого судна; $T_{пор}$, $T_{гр}$ – осадка судна в порожнем и груженом состоянии

Чем больше водоизмещение судна, во многом зависящее от количества груза в трюмах, тем ниже опускается судно в воду ($T_{пор} < T_{гр}$) и тем выше сопротивление воды его движению, преодолимое энергетической судовой установкой.

Глиссирующие (скользящие по поверхности воды) суда имеют часть днища в виде плоской или слегка искривленной несущей поверхности. При движении такого судна с небольшой скоростью действующая на его смоченную поверхность гидродинамическая подъемная сила P_y (вертикальная проекция гидродинамической силы Q) очень мала, и вес судна P уравнивается гидродинамической силой поддержания аналогично водоизмещающим судам. Такой режим движения глиссера принято называть плаванием. Но с увеличением скорости движения гидродинамическая подъемная сила увеличивается настолько, что частично уравнивает вес судна, которое начинает подниматься к поверхности воды (рисунок 1.5).

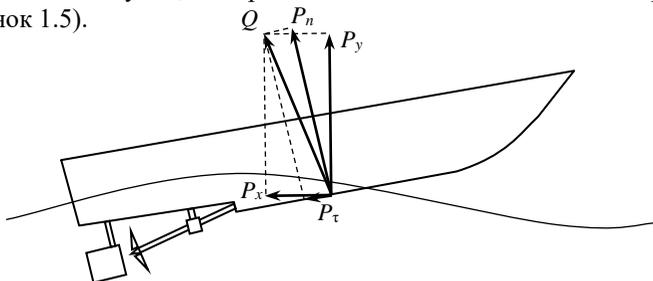


Рисунок 1.5 – Принципиальная схема глссирующего судна

Дальнейшее увеличение скорости приводит к тому, что сила P_y выталкивает судно из воды и оно начинает скользить по ее поверхности в режиме глссирования создавая минимальное сопротивление воды своему движению (сила P_x) и повышая его энергетическую эффективность – увеличение скорости при прежних затратах мощности.

При дальнейшем увеличении скорости движения, когда гидродинамическая сила становится больше веса судна, оно может взлетать над поверхность воды и пролетать некоторое расстояние по воздуху по инерции устраняя, таким образом, силу трения P_t . Такой режим движения судна называется чистым глссированием.

Суда на подводных крыльях имеют гидродинамические устройства в виде несущих крыльев (рисунок 1.6), которые обеспечивают поддерживающую силу при полном выходе корпуса судна из воды, существенно снижая при этом сопротивление воды движению судна и, как следствие, увеличивая скорость.

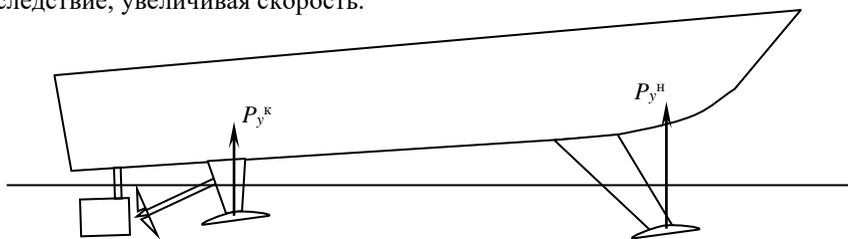


Рисунок 1.6 – Принципиальная схема судна на подводных крыльях

При движении судна с невысокой скоростью на крылья и днище действует малая гидродинамическая сила – судно движется в водоизмещающем режиме. С увеличением скорости, за счет сил, действующих на крыло, гидродинамическая сила и ее вертикальная составляющая – подъемная сила P_y , возрастает уравнивая вес судна и поднимая его. Носовые и кормовые крылья таких судов имеют разные гидродинамические характеристики, что позволяет носовой оконечности быстрее выходить из воды создавая переходный режим движения – глссирующий. При дальнейшем увеличении скорости движения в воде остаются только крылья, стойки, на которых они закреплены, и внешние

устройства движительного комплекса – сопротивление воды движению судна становится минимальным.

Суда на воздушной подушке представляют собой аппараты, способные в силу конструктивных особенностей создавать воздушную прослойку между корпусом и поверхностью воды (рисунок 1.7), обеспечивая при этом снижение сопротивления воды движению корпуса.

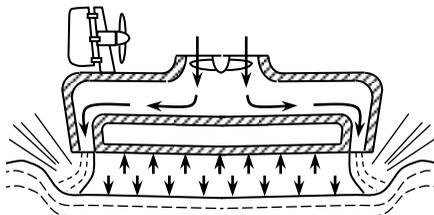


Рисунок 1.7 – Принципиальная схема судна на воздушной подушке

Данный эффект возникает за счет того, что специальная установка (компрессорный воздушно-реактивный двигатель) нагнетает воздух под днище судна, создавая избыточное давление и динамическую поддерживающую силу. По мере увеличения избыточного давления осадка судна уменьшается, а затем оно отрывается от поверхности воды. Расход воздуха из воздушной подушки после отрыва судна от опорной поверхности постоянно пополняется непрерывно работающей установкой, а поступательное движение судно получает за счет тяги специальных движителей – воздушного винта или турбореактивных двигателей.

По типу двигателя суда подразделяют на пароходы, теплоходы, дизель-электроходы и турбоходы. В основе классификаций лежит тип главной энергетической установки судна: для пароходов – паровая машина и обеспечивающий ее работу паровой котел, для теплоходов – двигатель внутреннего сгорания, для дизель-электроходов – дизель-генераторная установка и двигатель внутреннего сгорания, для турбоходов – турбина. Наиболее распространенной группой судов являются теплоходы, широко представлены на речном транспорте также дизель-электроходы. Турбины применяются в основном на скоростных судах.

По типу движителя суда делят на пять групп: колесные, винтовые, водометные, крыльчатые и парусные. Судовым движителем называется специальное устройство, которое создает тяговое усилие, необходимое для преодоления сопротивления воды и воздушной среды движению судна, что обеспечивает его поступательное перемещение. Основные виды движителей, применяемые на судах внутреннего плавания, приведены на рисунке 1.8.

По району плавания суда подразделяют на морские, речные, озерные и смешанного «река – море» плавания. Классификация судов по этому признаку связана с разрядом водных путей, на которых допускается эксплуатация данного судна требованиями безопасности плавания. Каждому судну Речной Регистр присваивает класс, который по обозначениям совпадает с разрядом водных путей (М, О, Р и Л), а формула класса определяет границы эксплуатации судов по участкам работы.

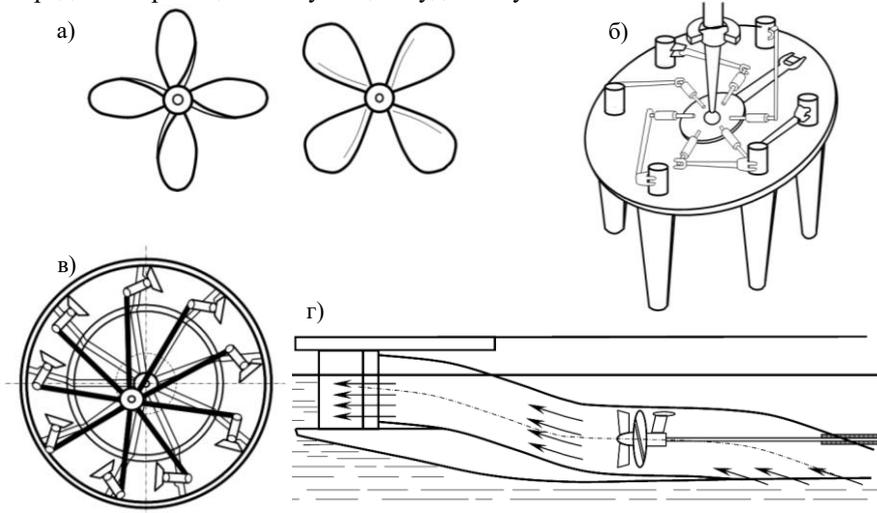


Рисунок 1.8 – Схемы основных судовых движителей:

а – гребные винты; *б* – крыльчатый движитель;

в – гребное колесо; *г* – водометный движитель

К классу М относятся суда, которым разрешается плавание в бассейнах разряда «М» без ограничений по погоде, к классам О, Р и Л – суда, которым по их прочности и навигационному оборудованию разрешается плавание в речных бассейнах, соответственно, «О», «Р» и «Л».

Судам класса М разрешается плавание во всех речных бассейнах без ограничений по погоде. Суда класса «О» могут эксплуатироваться без ограничений в бассейнах разряда «О», «Р» и «Л», а в бассейнах разряда «М» им могут быть разрешены разовые выходы только при долгосрочном благоприятном прогнозе погоды. Данное положение действует и относительно судов классов Р и Л применительно к выходу в бассейны разрядов «О» и «Р».

Развитие перевозок в смешанном сообщении предопределило создание судов специального класса. Формула класса Речного Регистра М-СП присваивается судам смешанного река-море плавания, а формулы М-ПР или О-ПР – судам прибрежного плавания.

По материалу корпуса суда делятся на стальные, из легких сплавов, деревянные, железобетонные, пластмассовые и композитные. Наиболее распространенный судостроительный материал – сталь. Стальные суда имеют большую прочность, малый вес и сравнительно небольшую стоимость. Легкие сплавы используют, как правило, для постройки мелких быстроходных судов и надстроек крупных судов. Дерево применяется при строительстве мелких спортивных судов, катеров, некоторых специальных и промысловых судов, а железобетон – для сооружения некоторых типов несамоходных и стоечных судов, например, дебаркадеров и плавучих доков. Композитные суда – суда, корпус которых собран из различных материалов. Применение в судостроении пластмасс позволяет строить композитные суда из пластмассы, дерева и металла.

По способу загрузки и разгрузки различают суда с вертикальной загрузкой-разгрузкой через грузовые люки; с горизонтальной загрузкой-разгрузкой через бортовые порты или по специальным помостам (аппарелям) посредством автопогрузчиков либо накатом (автомобили и другие технические средства своим ходом); загружаемые-разгружаемые методом докования (притапливания судна); саморазгружающиеся (с использованием собственного конвейера или других средств, раскрывающегося днища, кренования); с приемом и выдачей жидких грузов по системам трубопроводов (танкеры и суда для перевозки сжиженных грузов); с комбинированными способами загрузки-разгрузки.

1.3 Характеристика водных путей

Вода, в виде атмосферных осадков выпадая на сушу, за исключением той воды, которая просачивается в грунт и испаряется, стекает по ее поверхности по склонам-водотокам. Мелкие водотоки называются ручьями, более крупные, имеющие разработанное русло и долину – реками. Та часть суши, с которой воды стекают в данную реку, называются поверхностным бассейном реки.

Начало реки называется истоком, место впадения ее в море, озеро или другую реку – устьем. Как правило, счет километров ведется от устья, как более определенной точки, чем исток (рисунок 1.9). Совокупность рек, сливающихся вместе и выносящих свои воды к месту впадения в другой водоем в виде общего потока, называется речной системой. Река,

впадающая в море или озеро, считается главной рекой, остальные реки системы – ее притоками. Различают притоки первого порядка – это реки, впадающие в главную реку, второго порядка – реки, впадающие в приток первого порядка, и т. д.

Река отличается от ручья наличием долины, которая представляет собой вытянутое, извилистое углубление земной поверхности, образованное многолетней деятельностью реки и имеющее наклон от истока к устью.

Наиболее пониженная часть долины, заполненная водой в течение всего года, является руслом реки; та часть долины, которая заливается водой только в паводок, называется поймой.

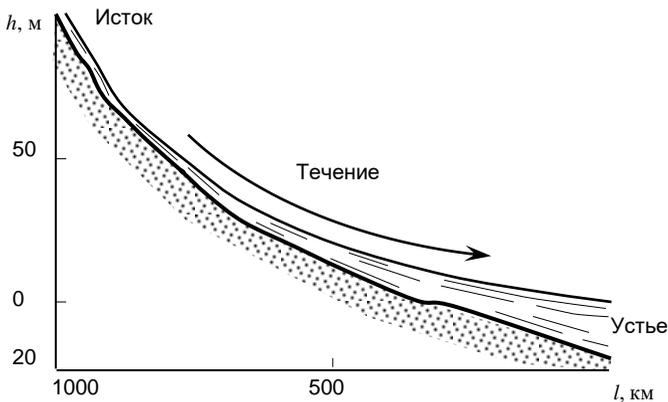


Рисунок 1.9 – Продольный профиль реки:
 h – высота над уровнем моря; l – расстояние от устья

Реки преимущественно снегового питания имеют мощное весеннее половодье – период навигации, характеризующийся высокими уровнями воды, после спада которого наступает период стояния низких уровней воды – межень. На реках европейской части России, Украины, Республики Беларусь, стран Дунайского бассейна и Балтии часто происходит осенний подъем уровней воды, вызванный обилием осадков в это время года (рисунок 1.10).

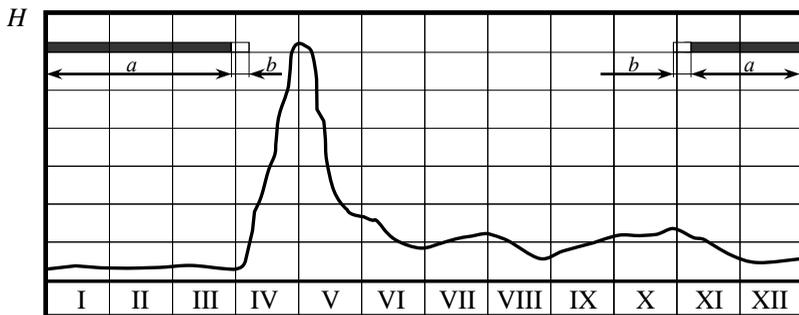


Рисунок 1.10 – График колебания уровней воды за год:
 H – высота уровня воды; t – периоды года (месяцы); a – ледостав; b – ледоход

Как видно из графика (см. рисунок 1.10), апрель, май и июнь – месяцы навигации, когда флот может быть загружен на максимальную грузоподъемность, и, следовательно, эксплуатация флота в данный период наиболее эффективна.

При движении воды в реках наблюдается значительная неравномерность распределения скоростей по вертикалям живого сечения реки. Эпюры скоростей течения на вертикалях русла реки, при различных условиях, приведены на рисунке 1.11.

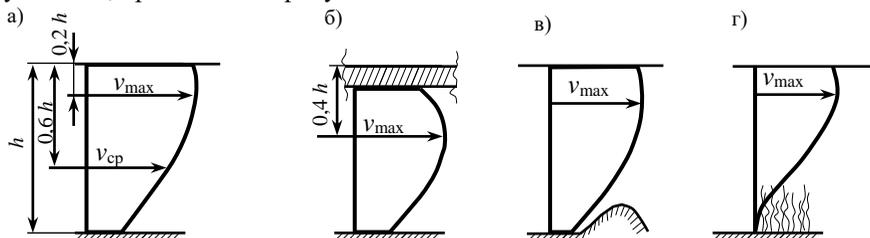


Рисунок 1.11 – Эпюры скоростей течения на вертикалях русла реки:
 а – при отсутствии ветра; б – при наличии ледяного покрова; в – при наличии донных препятствий; г – при наличии донной растительности

Кроме продольного течения, в реках наблюдаются течения циркуляционные, поперечные по отношению к оси русла. Такие течения возникают на повороте русла под действием центробежных сил и существенно усложняют процесс судовождения. В поверхностных слоях они направлены в сторону вогнутого берега, в донных – в обратную сторону (рисунок 1.12). Эти течения подмывают вогнутый берег и отлагают наносы у выпуклого, вследствие чего глубины у вогнутого берега больше, чем у выпуклого.

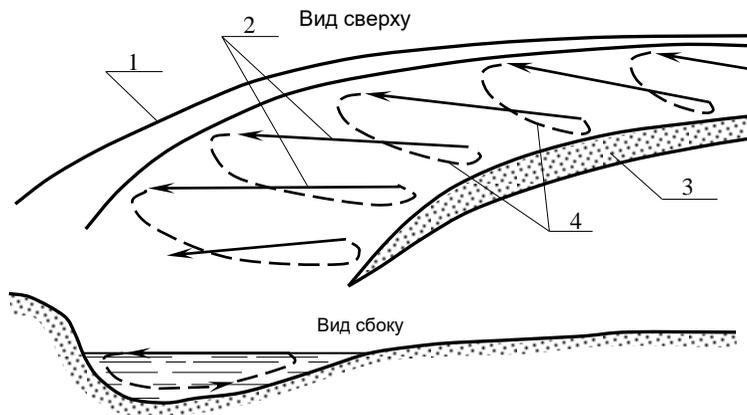


Рисунок 1.12 – Циркуляционное течение:
 1 – вогнутый подмываемый берег; 2 – направление течения у поверхности;

3 – выпуклый берег; 4 – направление течения у дна

За редким исключением все судоходные реки стран СНГ, Балтии и Дунайского бассейна зимой покрываются льдом. Замерзание реки начинается после того, как температура воды понизится до 0°. Первоначально появляются тонкие ледяные пленки, состоящие из смерзшихся кристаллов игольчатой формы. Эти пленки напоминают разлитую маслянистую жидкость и поэтому называются салом. Одновременно с появлением на поверхности воды сала в толще потока образуется губчатый лед. Большая часть внутриводного губчатого льда всплывает на поверхность реки, где смешивается с салом, снегом и отдельными льдинками, оторвавшимися от берегов, и образует комки непрозрачного льда, называемого шугой. Соприкасаясь с холодным воздухом, отдельные комки шуги смерзаются и превращаются в льдины.

Осенний ледоход продолжается до тех пор, пока под влиянием каких-либо причин на каком-нибудь участке не прекратится движение льда и не произойдет быстрое его смерзание и образование ледяного покрова.

Вскрываются реки при наступлении положительных температур воздуха. Под воздействием солнечной радиации и теплого воздуха происходит таяние льда и расслабление его прочности. Одновременное таяние снега в бассейне увеличивает приток воды в реку. Вследствие этого уровень воды в ней повышается, что, в свою очередь, отрывает лед от берегов, образуются трещины и, впоследствии, наблюдаются подвижки ледяных полей. Дальнейшее повышение уровня воды в реке приводит к тому, что большие поля начинают дробиться на более мелкие льдины и вся масса льда приходит в движение – начинается весенний ледоход.

Момент полного очищения реки от льда считается началом физической навигации, момент появления осенью сала – ее окончанием. Длительность физической навигации как на одной реке, так и на отдельных реках, в зависимости от геодезических, гидрологических и других условий, изменяется в значительных пределах, например, для водных путей Украины и Республики Беларусь эта величина составляет от 200 до 215 суток, для реки Кубани – в среднем 270 суток (таблица 1.1).

Все водные пути подразделяются на внутренние и внешние. Внешние водные пути – это моря и океаны, которые из-за глубин несравнимо больших величины осадки морского флота, используемого на перевозках по ним, эксплуатируются, практически, в естественных условиях. Лишь на подходах к береговым ориентирам (например, маякам) или портам, расположенным на мелководье или в устьях крупных рек, где значения гарантированной глубины недостаточно для судоходства таких судов,

24 1 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

применяются специальные средства навигации или эксплуатации морского флота.

Таблица 1.1 – Длительность навигационного периода по участкам водных путей, эксплуатируемых судоходными компаниями Беларуси, России, Украины и Дунайского региона

Судоходная компания	Условия плавания	Длительность эксплуатационного периода, сут		Коэффициент использования эксплуатационного периода			
		Самоходный грузовой флот	Тяга и тоннаж	Самоходный грузовой флот	Толкачи-буксиры	Несамоходный флот на перевозках	
						транзитных	местных
ОАО «Пароходство Волготанкер»	Внутренние водные пути	215	210	0,965	0,962	0,970	0,950
	Река-море	250	250	0,960	0,955	0,970	—
ОАО «Судоходная компания Волжское пароходство»	Внутренние водные пути	215	207	0,968	0,962	0,980	0,955
	Река-море	300	—	0,970	—	—	—
ОАО «Московское речное пароходство»	Внутренние водные пути	206	205	0,986	0,956	0,975	0,952
ОАО «Управляющая Камская судоходная компания»	То же	200	195	0,988	0,960	0,985	0,965
ОАО «Бельское речное пароходство»	"	190	188	0,988	0,952	0,990	0,970
ОАО «Вятское речное пароходство»	"	185	183	0,988	0,964	0,986	0,965
Группа компаний «Азово-Донское пароходство»	"	230	225	0,979	0,948	0,975	0,950
	Река-море	270	270	0,971	0,955	0,974	—
ОАО «Кубанское речное пароходство»	Внутренние водные пути	275	275	0,971	0,955	0,968	0,965
ОАО «Северное речное пароходство»	То же	174	172	0,972	0,945	0,980	0,950
ООО «Сухонская судоходная компания»	"	195	192	0,955	0,925	0,972	0,950
ОАО «Печорское речное пароходство»	"	146	144	0,960	0,945	0,975	0,950
	"	230	230	0,990	0,976	0,976	0,960
ОАО «Западное пароходство»	"	270	—	0,971	—	—	—
	Внутренние водные пути	145	137	0,986	0,975	0,982	0,965

26.4. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

Окончание таблицы 1.1

Судоходная компания	Условия плавания	Длительность эксплуатационного периода, сут		Коэффициент использования эксплуатационного периода			
		Самоходный грузовой флот	Тяга и тоннаж	Самоходный грузовой флот	Толкачи-буксиры	Несамостоятельный флот на перевозках	
						транзитных	местных
ОАО «Иртышское пароходство»	Внутренние водные пути	177	173	0,981	0,955	0,970	0,950
	Обь-Тазовская губа	96	96	—	—	—	—
ОАО «Западно-Сибирское речное пароходство»	Внутренние водные пути	179	174	0,982	0,970	0,987	0,965
	Енисейский залив	138	135	—	—	—	—
ОАО «Восточно-Сибирское пароходство»	Внутренние водные пути	180	180	0,980	0,967	0,990	0,970
	Озеро Байкал	185	180	0,973	0,965	0,980	0,965
ОАО «Амурское речное пароходство»	То же	173	167	0,979	0,966	0,990	0,960
	Река-море	250	—	0,968	—	—	—
РТУП «Белорусское речное пароходство»	Внутренние водные пути	219	216	0,981	0,978	0,975	0,982
АД «Болгарское речное пароходство»	То же	224	218	0,973	0,965	0,969	0,974
Судоходное общество «ДДСГ-Карго ГмбХ» (Австрия)	"	226	224	0,981	0,962	0,981	0,984
АК «Дунавски Ллойд-Сисак» (Хорватия)	"	226	225	0,988	0,925	0,922	0,925
АК «Махарт Дуна-Карго» (Венгрия)	"	226	225	0,988	0,941	0,961	0,965
АК «НАВРОМ СА» (Румыния)	"	226	225	0,979	0,976	0,951	0,953
АК «Джурджу-НАВ СА» (Румыния)	"	229	224	0,971	0,968	0,979	0,981
АК «НФР-Дробета СА» (Румыния)	"	228	224	0,971	0,975	0,931	0,932
СК «Словацкое дунайское пароходство»	"	226	225	0,972	0,966	0,948	0,950
АК «УДАСКО» (Украина)	"	224	219	0,955	0,962	0,957	0,965

АСК «УКРРЕЧФЛОТ» (Украина)	"	222	216	0,942	0,973	0,947	0,953
----------------------------	---	-----	-----	-------	-------	-------	-------

Внутренние водные пути делятся на естественные и искусственные. К естественным водным путям относятся озера и реки в свободном состоянии. К искусственным – судоходные каналы, шлюзованные реки и водохранилища. Данная группа водных путей является наиболее благоустроенной для судоходства. Поэтому их удельный вес в общей протяженности водных путей региона является важной качественной характеристикой.

Внутренние водные пути разделяются также на пути с судоходной обстановкой (освещаемой или неосвещаемой) и без нее, с гарантированными и негарантированными габаритами судовых ходов.

По условиям ветро-волнового режима внутренние водные пути разделены на разряды: «М» – морской, «О» – озерный, «Р» – речной и «Л» – легкий. Главным фактором при установлении разряда водоема является обеспеченность менее 4 % навигационного периода волн тех размеров, на которых рассчитана прочность судов соответствующих классов: если высота волны достигает 4 м, длина – 40 м, то водный путь относится к разряду «М», соответственно, 2 и 20 м – к разряду «О», 1,2 и 12 м – «Р». К разряду «Л» относятся водные пути, не вошедшие в указанные разряды.

Общая классификация водных путей приведена на рисунке 1.13.

На практике, не все пространство водных путей может быть использовано для судоходства. Это обусловлено рядом причин, которые препятствуют использованию водного пространства для данной цели как по длине, ширине, радиусу закругления водного пути, так и по габаритам надводных коммуникаций.

Для движения судна или состава несамоходных судов по водному пути выделяется пространство, называемое судовым ходом и ограниченное минимальными глубиной T , шириной B , радиусом кривизны R и надводным габаритом коммуникаций $H_{нт}$ (рисунок 1.14). Перечисленные параметры называются габаритами судового хода.

На свободных реках гарантированные габариты судовых ходов обеспечиваются с помощью комплекса путевых работ: обслуживание навигационного оборудования водного пути, траление, руслоочистительные работы, землечерпание, скалоуборочные работы, выправительные работы, берегоукрепительные работы.

Для информирования судоводителя о границах судового хода используется судоходная обстановка, предназначенная для обеспечения на водных путях безопасного и беспрепятственного плавания судов, судовых и плотовых составов.

Знаки судоходной обстановки бывают береговые (рисунок 1.15, а) и плавучие (рисунок 1.15, б). Они указывают направление, границы и габариты судового хода, границы акваторий портов, пристаней и рейдов,

места свальных течений, начало и конец однопутных участков и возможность движения по ним в том или ином направлении, судоходные пролеты мостов, подводные и надводные переходы и места, где суда должны подавать сигналы. Специальными знаками судоходной обстановки регулируется движение судов, судовых и плотовых составов через судопропускные сооружения.

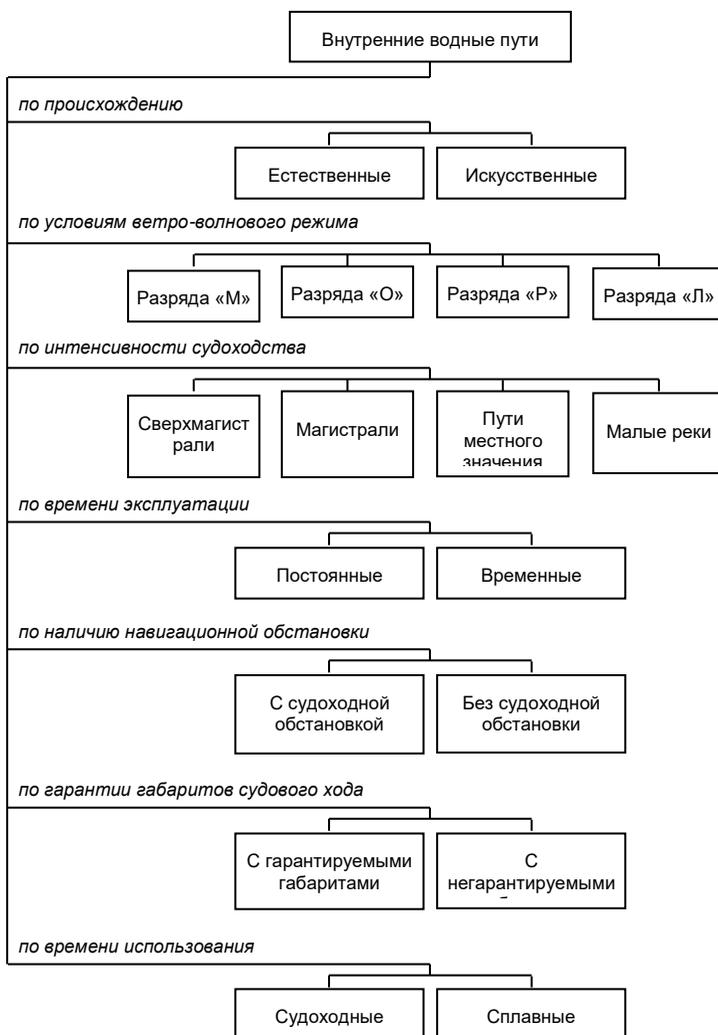


Рисунок 1.13 – Классификация внутренних водных путей

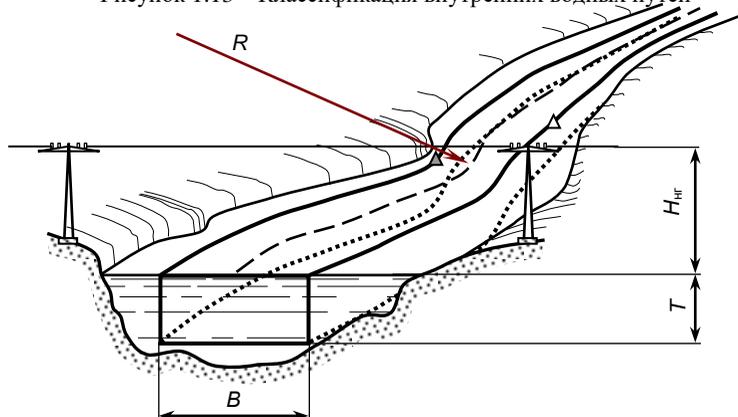


Рисунок 1.14 – Схема водного пути и судового хода

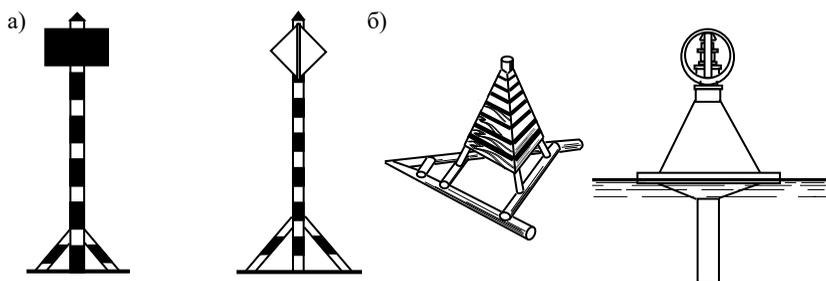


Рисунок 1.15 – Знаки судоходной обстановки:

a – береговые знаки (перевальный, ходовой); *б* – плавучие знаки (бакен, буй)

На водных путях с достаточно интенсивным судоходством для того, чтобы было возможно круглосуточное движение судов, применяют освещаемые обстановочные знаки, например магистральный участок Днепра ниже порта Киев, река Дунай. На путях, где густота движения судов не оправдывает содержания освещаемой обстановки, знаки не освещаются и судоходство осуществляется лишь в светлое время суток – водные пути Республики Беларусь. На тех путях, где судоходство неинтенсивно, но при этом требуется круглосуточное движение судов, применяется светоотражающая обстановка, обнаруживаемая с помощью судовых прожекторов.

Для повышения гарантированной глубины судового хода (H_T) на реках и судоходных каналах возводят гидроузлы с судоходными сооружениями. Река или трасса судового канала в этом случае делится напорными

сооружениями на отдельные, соприкасающиеся между собой участки – бьефы (рисунок 1.16).

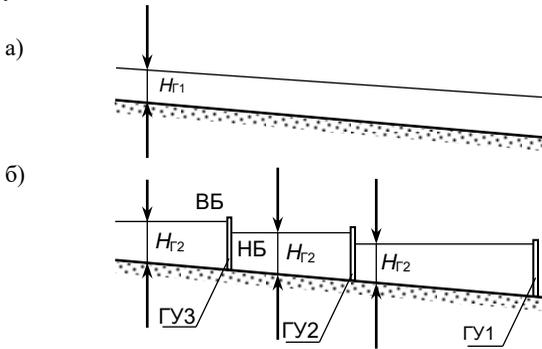


Рисунок 1.16 – Схемы продольного профиля водного пути:
а – в естественных условиях ($H_{Г1}$); б – зарегулированного гидроузлами ($H_{Г2}$)

Напор воды от одного гидроузла (ГУ1) распространяется до следующего, выше расположенного (ГУ2). У гидроузла, таким образом создается верхний бьеф (ВБ) и нижний бьеф (НБ).

Пропуск судов и составов из верхнего в нижний бьефы гидроузла и наоборот осуществляется через судоходный шлюз.

На рисунке 1.17 приведена общая принципиальная схема плана судоходного шлюза. Шлюзы бывают однокамерными и многокамерными, в одну нитку и параллельные. Однокамерные шлюзы успешно работают при напоре до 23 м и на некальных грунтах и до 42 м – на скальных.

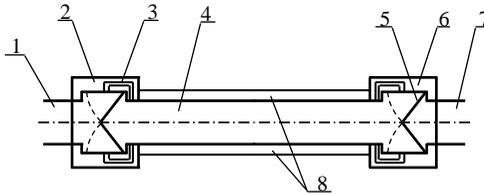


Рисунок 1.17 – Принципиальная схема плана камеры шлюза:
1 – верхний подходной канал; 2 – верхняя голова; 3 – водопроводные галереи; 4 – камера;
5 – ворота; 6 – нижняя голова; 7 – нижний подходной канал; 8 – стены камеры

Многокамерные шлюзы (например, Запорожский шлюз) возводят при значительных напорах. Эксплуатация многокамерных шлюзов сложнее эксплуатации однокамерных, так как растет число операций при шлюзовании и, следовательно, снижается пропускная способность системы.

Поэтому наибольшее распространение на реках и судоходных каналах получили однокамерные шлюзы.

Самая высокая часть дна шлюза называется королем или порогом. Вертикальная грань порога образует стенку падения. Емкость, в которую непосредственно поступает вода из верхнего бьефа в процессе наполнения шлюза, называется камерой гашения энергии. Глубина на верхнем короле шлюза со стенкой падения и дна подходного канала задается исходя из осадки судов, принимаемых на расчетную перспективу с учетом запаса воды верхнего бьефа, а также с учетом предвесенней сработки уровня водохранилища, и оказывает влияние на значение гарантированной глубины участка водного пути.

Технологию шлюзования, укрупнено, можно представить как: вход судна, состава или группы судов в камеру, выравнивания уровней воды в камере с другим бьефом или со смежной камерой (для многокамерных шлюзов), выходе шлюзуемого судна, состава или группы судов в другой бьеф или переходе в смежную камеру (рисунок 1.18).

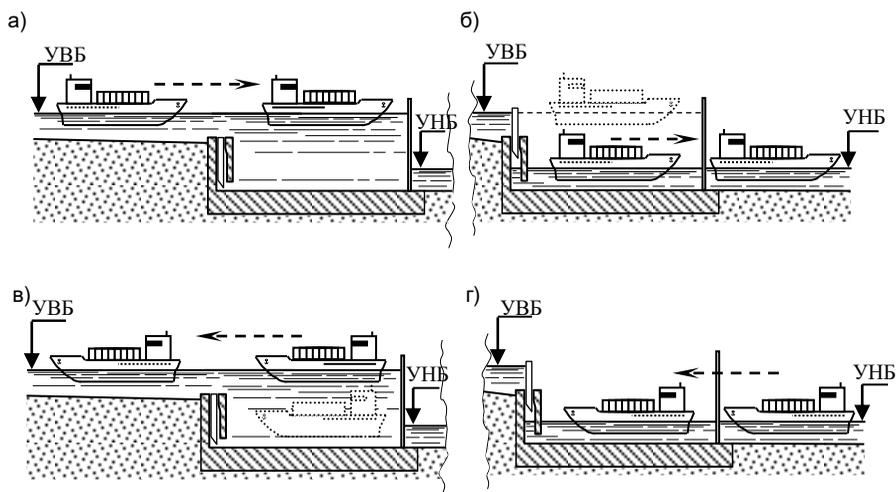


Рисунок 1.18 – Схема пропускания судов через шлюз:

а, б – из верхнего бьефа в нижний; *г, в* – из нижнего бьефа в верхний;

УВБ, УНБ – уровни воды верхнего и нижнего бьефа

Характеристики водных путей, такие как скорость течения, извилистость русла, разряд пути, габаритные размеры судового хода и судопропускных сооружений, продолжительность навигационного периода являются важнейшими исходными данными для эффективной организации

перевозочного процесса речным транспортом, и оказывают влияние на все основные аспекты его функционирования.

1.4 Характеристика речных портов и других прибрежных пунктов

Прием грузов, погрузка их на суда и посадка пассажиров для перевозки водным транспортом, выгрузка грузов из судов, выдача их грузовладельцам и высадка пассажиров, а также передача груза, доставленного по водному пути на смежные виды транспорта и наоборот, производятся в прибрежных пунктах. В зависимости от характера и рода деятельности эти пункты подразделяются на порты, пристани и остановочные пункты.

Портом называется прибрежный пункт в установленных границах, связанный с транспортными магистралями и оборудованный причальными устройствами, береговыми сооружениями и техническими средствами, необходимыми для осуществления грузовых работ, хранения и перевалки грузов, комплексного обслуживания флота, а также обслуживания пассажиров.

Пристань – прибрежный пункт, принимающий и выдающий грузы, багаж, производящий посадку и высадку пассажиров, оборудованный соответствующими техническими средствами для выполнения своих функций.

Остановочный пункт – прибрежный пункт, производящий посадку и высадку пассажиров, а также прием и выдачу багажа. Остановочные пункты оборудуются простейшими средствами для причала судов.

Основное назначение порта заключается в передаче грузов с водного транспорта на сухопутный (рисунок 1.19).

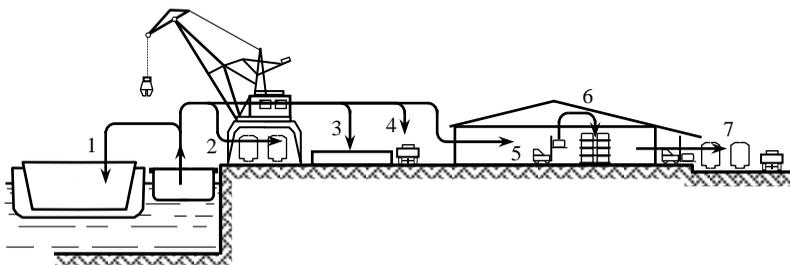


Рисунок 1.19 – Схема основных грузовых операций в порту

Прибывающие на судах грузы или перегружаются непосредственно на железнодорожный 2 и автомобильный транспорт 4 (прямой вариант перегрузки, по схемам, соответственно, «судно-вагон», «судно-автомобиль») или на открытые площадки 3 и в крытые склады 5, где грузы сортируют и укладывают в штабеля 6, а в последующем передают на сухопутный транспорт 7.

В крупных устьевых портах применяется прямой вариант перегрузки по схеме «судно-судно» между речным и, например, морским судном 1.

В порту производятся широкая номенклатура операций по передаче грузов на сухопутные виды транспорта и наоборот. Различают следующие виды портовых операций: грузовые, пассажирские, технические и коммерческие.

Грузовые операции: выполнение перегрузочных работ и внутри-складских работ по подготовке помещений для приема, хранения и отправления грузов.

Пассажирские операции: оформление билетов; прием, выдача, хранение багажа: посадка и высадка пассажиров.

Технические операции: прием, отправление судов и обрабатываемых портом железнодорожных составов, и средств автотранспорта; расстановка транспортных средств для выполнения погрузочно-выгрузочных операций; экипировка судов; мелкий ремонт тблббро бб ранспортного флота; отстой судов.

Коммерческие операции: информация о прибытии груза, оформление документов по приему, выдаче, хранению, перевозке, выгрузке грузов; подготовка договоров, актово-розыскная работа, рассмотрение претензий.

Рассматривая все прибрежные пункты с прилегающей акваторией, следует прежде всего обратить внимание на их большое разнообразие, поэтому порты классифицируются по ряду признаков. Основными классификационными признаками портов являются: назначение, экономическое значение, географическое положение, годовая продолжительность эксплуатации, отношение к уровню воды.

По назначению порты можно подразделить на транспортные, военные, промысловые и порты-убежища.

По значению для экономики страны основным классификационным признаком порта являются размеры выполняемой портом работы.

В зависимости от грузооборота и пассажирооборота все порты подразделяются на несколько категорий. По категории порта определяются: административная структура порта и его эксплуатационный штат, размеры ассигнований на его эксплуатацию и ремонтные работы, объемы работ по его развитию и технической эксплуатации устройств, класс основных сооружений, отметки территории и расчетные уровни воды.

По географическому положению различают порты: речные, водохранилищные, устьевые, береговые, лагунные и островные.

Речные порты, в зависимости от расположения на реке, подразделяют на русловые, вся акватория которых и причальный фронт находятся

непосредственно в русле реки (рисунок 1.20, а) и внерусловые или затонные, в которых акватория и причальный фронт находятся в естественном затоне или в искусственном ковше (рисунок 1.20, б).



Рисунок 1.20 – Схемы расположения речных портов:
 а – руслового; б – внеруслового (затонного)

Водохранилищные порты располагаются в верхних бьефах водохранилищ. Волны во время шторма могут достигать на этих участках значительной высоты. Поэтому водохранилищные порты, так же как и морские, имеют оградительные сооружения, защищающие рейды и причалы от волнения. Такие порты являются одновременно портами-убежищами.

Устьевые порты характерны тем, что в них сходятся морские и речные водные пути. Портовые устройства размещаются, как правило, по берегам реки или в вырытых в берегу затонах. При этом порты стремятся разместить на некотором расстоянии от моря, чтобы избежать строительства оградительных сооружений. В некоторых случаях на крупных реках морские порты располагаются на значительном расстоянии от устья и их следует отнести к особому разряду внутренних морских портов, например, Херсонский порт.

По годовой продолжительности эксплуатации порты на внутренних водных путях подразделяют на постоянные и временные. Постоянные порты эксплуатируются в течение всей навигации. Временные сезонные порты функционируют только часть навигации, что обусловливается гидрологическими условиями (продолжительностью периода высокой воды, когда возможен подход судов к причалам) или сезонностью груза (например, продукции сельского хозяйства).

Для выполнения основной задачи по передаче грузов и пассажиров с одного вида транспорта на другой порт должен располагать комплексом инженерных сооружений и соответствующим оборудованием. Так как в порту сочетаются водный и сухопутные виды транспорта, то любой порт должен иметь водную площадь, называемую акваторией порта, и примыкающую к нему сухопутную площадь – территорию порта.

По составу основных элементов, в зависимости от специализации, речные порты несколько различаются между собой. Схематически, состав и

расположение основных устройств речного внеруслового порта представлены на рисунке 1.21.

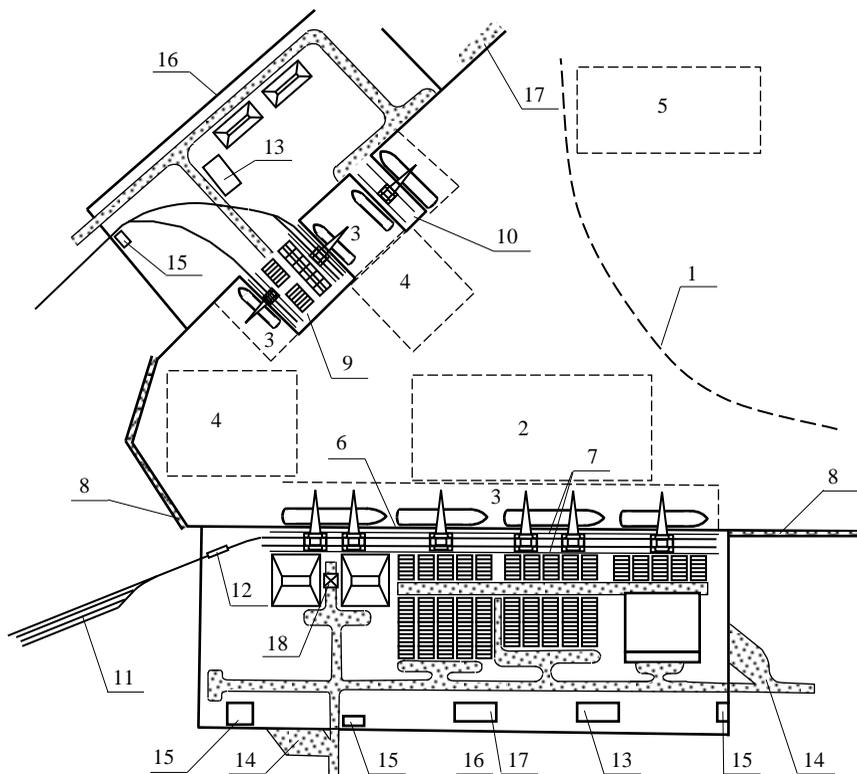


Рисунок 1.21 – Схема расположения устройств в речном порту ковшового типа:
 1 – линия судового хода; 2 – сортировочный рейд; 3 – причальные рейды; 4 – навигационные рейды; 5 – рейды ожидания; 6 – причальная набережная; 7 – подкрановые пути; 8 – укрепленная линия естественного берега; 9 – широкий пирс; 10 – узкий пирс; 11 – портовый железнодорожный парк; 12 – весовой путь; 13 – административные и бытовые здания; 14 – стоянка для автомобилей; 15 – проходные; 16 – ограждение устройств порта; 17 – линия естественного берега; 18 – бункер

Акватория порта состоит из рейдов – площадей водной поверхности, отведенных для выполнения судами определенных операций.

Площадь акватории, ограниченная окружностью, служащая для разворота судов и носит название навигационного рейда.

В портах, в некоторых случаях, суда перегружаются на акватории, для чего на ней выделяется особый участок, называемый перегрузочным

рейдом. Здесь, при помощи плавучих перегрузочных машин, грузы из крупных судов перегружаются в малые суда или наоборот.

Полоса водной площади у причалов, где стоят суда при производстве перегрузочных операций, называется причальным рейдом.

Состав акватории порта на внутренних водных путях сложнее, чем у морского порта, что объясняется спецификой перевозок, осуществляемых как самоходными, так и несамоходными судами. Составы несамоходных судов, как правило, не могут быть поданы сразу к причалам. Поэтому для размещения прибывающих составов на акватории выделяют сортировочный рейд.

В некоторых портах, расположенных на стыке участков реки с разными гарантированными глубинами, часть судов может перегружаться на акватории – на перегрузочном (оперативном) рейде. В некоторых случаях крупные суда выгружаются не полностью, а лишь паузятся, то есть частично освобождаются от груза для того, чтобы их осадка уменьшилась до величины, позволяющей дальнейшее движение судов по участку с малыми глубинами.

В портах с незначительными размерами грузооборота (например, в портах Республики Беларусь) деление акватории на рейды – условное.

Все устройства и сооружения в порту можно разделить на гидротехнические, перегрузочные, складские, транспортные, административно-бытовые и специальные.

Гидротехнические портовые устройства обеспечивают непосредственную связь причала и судов, эффективную и долговечную работу всех взаимодействующих узлов. В их состав входят устройства: причальные, отбойные, швартовые, оградительные, берегозащитные.

Перегрузочные устройства обеспечивают выполнение грузовых операций на причале и на плаву (на оперативном рейде) и разделяются на береговые и плавсредства, которые обеспечивают соответственно грузовые операции по схемам «судно-вагон», «судно-склад» и «судно-судно».

Складские устройства можно разделить по назначению (открытые площадки, крытые склады), характеру и времени использования (временные, сезонные, постоянные), характеру складирования (одноэтажные и многоярусные), месту расположения (прикордонные и тыловые).

Транспортные устройства обеспечивают перемещение грузов в зоне порта (внутренний транспорт: автомобили, тележки, электрокары) и за пределами портовых сооружений (внешний транспорт: автомобильный, железнодорожный, речной, морской, трубопроводный, специальный).

Помимо перечисленных устройств немаловажное значение имеют административно-бытовые и специальные портовые устройства.

Под портовыми гидротехническими сооружениями понимаются устройства и оборудование, предназначенные для улучшения использования водных путей, безопасной организации портовых работ и обеспечения сохранности портово-пристанского хозяйства.

К гидротехническим устройствам порта относятся причальные, отбойные, швартовные, берегоукрепительные и оградительные сооружения.

Причальными сооружениями называются гидротехнические сооружения, являющиеся основным элементом причала и предназначенные для швартовки и стоянки судов при производстве перегрузочных операций, посадки-высадки пассажиров, снабжения флота.

Причальные сооружения классифицируются по назначению: грузовые, пассажирские, специальные; по планируемому сроку эксплуатации: постоянные и временные; по расположению в плане (рисунок 1.22): фронтальные, пирсовые и бассейновые; по возможности изменения месторасположения: стационарные, передвижные; по конструкции: гравитационные, в виде тонких стенок, свайной конструкции, эстакады.

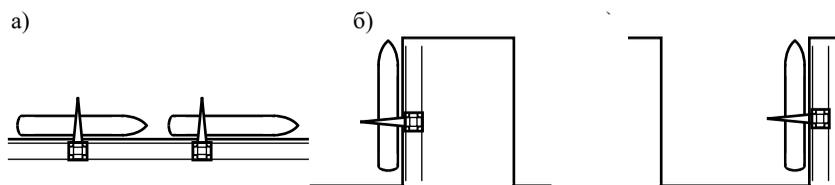


Рисунок 1.22 – Схемы расположения причальных сооружений:
а – фронтальная; б – пирсовая; в – бассейновая

Причальные набережные образуют профиль прикордонной полосы, и поэтому их классифицируют на вертикальные, полуоткосные, откосные, полувертикальные и двухъярусные (рисунок 1.23).

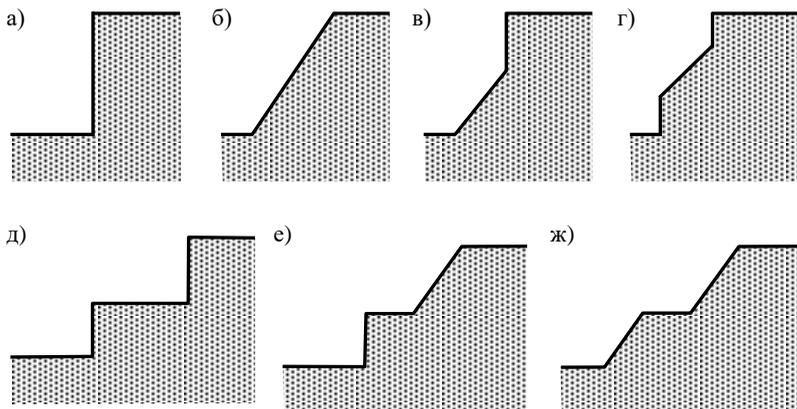


Рисунок 1.23 – Формы причальной набережной:

а – вертикальная; *б* – откосная; *в* – полувертикальная; *г* – полукоткосная; *д-ж* – двухъярусные

Вертикальная набережная распространена наиболее широко, так как наиболее удобна в эксплуатации, особенно при производстве перегрузочных работ, но, в свою очередь, более дорогостоящая в сооружении по сравнению с откосными типами набережных.

Причалы откосного типа наиболее просты и часто применяются на реках при больших колебаниях уровня воды.

Полувертикальная форма используется, достаточно редко, при возможных резких понижениях уровня воды (аванпорты шлюзов).

Полукоткосная форма причала используется в портах, где акватория характеризуется низкими горизонтами воды.

Двухъярусная форма причальной набережной применяется при значительных амплитудах сезонных колебаний уровня воды.

В период эксплуатации необходимо, чтобы причальные сооружения не подвергались ударам и навалам судов, а крепление судна во время швартовки было надежным.

Для этих целей причальные сооружения оснащаются отбойными устройствами и швартовными приспособлениями.

Отбойные устройства предназначаются для смягчения удара во время привала судов и предохранения причальных сооружений и судов от повреждения.

Оградительные устройства защищают акваторию порта от внешних воздействий волн, течения реки, штормов, ледохода и т. д. К ним относятся молы и волноломы: оградительные сооружения, связанные с берегом, называются молами, а расположенные вдали от берега и не имеющие с ним связи – волноломами.

Берегоукрепительные сооружения предназначены для предохранения линии берега реки от разрушения волнами, течением и льдом. В качестве таковых в портах используют берегоукрепительные стенки разных видов, которые сооружаются в местах сопряжения основных портовых строений для защиты незастроенных участков береговой линии.

Для выполнения перегрузочных работ в речных портах применяются различные типы перегрузочных машин. Их многообразие определяется широкой номенклатурой грузов и направлением грузопотоков (отправление или прибытие), различными типами обрабатываемых судов, вагонов и

автомобилей, местом выполнения перегрузочных работ – у береговых или плавучих причалов и другими факторами.

Портовые перегрузочные машины можно классифицировать по двум основным признакам: принципу действия и по назначению. По принципу действия применяемые в портах перегрузочные машины делятся на две группы: периодического (циклического) и непрерывного действия.

Машины периодического действия перемещают груз отдельными партиями, выполняя несколько последовательных операций: захват, подъем и перемещение груза; его опускание и освобождение от захватного устройства; подъем, перемещение и опускание захватного устройства для приема очередной партии груза. Работа такой машины состоит из повторяющихся циклов.

По характеру перемещения груза машины периодического действия условно можно подразделить на три подгруппы: с одним рабочим движением – подъемом груза (подъемные лебедки, лифты, наклонные платформенные и ковшовые подъемники); с несколькими рабочими движениями – подъемом и горизонтальным перемещением груза (краны и перегружатели); специальные машины (вагоноопрокидыватели, бульдозеры, тягачи и др.).

Машины непрерывного действия перемещают груз непрерывным потоком без остановок для захвата и освобождения. В этой группе выделяют машины с тяговым органом и без него.

Машины с тяговым органом – ленточные, пластинчатые, скребковые, винтовые и цепные конвейеры; вертикальные и наклонные элеваторы, бревнотаски, консольно-стреловые отвалообразователи, норийно-конвейерные и роторно-конвейерные перегружатели.

Машины без тягового органа – вибрационные конвейеры, установки пневматического и гидравлического транспорта, гравитационные.

Отдельную группу составляют такие устройства, как бункеры и питатели.

Машины непрерывного действия могут перемещать грузы на значительное расстояние в горизонтальном, наклонном и вертикальном направлениях. При этом скорости перемещения обычно выше, чем у машин периодического действия, разгрузка производится в заданной точке.

По назначению и условиям выполнения перегрузочных работ портовые перегрузочные машины подразделяются на основные и вспомогательные.

Основные машины устанавливаются на кордоне причала. С их помощью перемещают грузы непосредственно из судов на берег или в обратном направлении.

В качестве основных машин периодического действия в речных портах используют стреловые поворотные краны (портальные, полупортальные, плавучие, башенные краны). К этой группе относят также самоходные

краны на гусеничном ходу, пневматическом и железнодорожном. Иногда в речных портах находят применение краны с возвратно-поступательным перемещением грузозахватного устройства: мостовые, консольно-козловые, кабельные, мостокабельные краны, береговые перегружатели и др.

В качестве основных перегрузочных машин непрерывного действия в речных портах применяют; землесосные и черпаковые снаряды для русловой добычи и погрузки в суда, гидроперегружатели для выгрузки этих грузов на берег; пневматические перегружатели для перегрузки зерна и пылевидных грузов; конвейерные машины для погрузки навалочных грузов в суда; роторно-конвейерные и норийно-конвейерные перегружатели для выгрузки из судов навалочных грузов.

Вспомогательные машины используют для выполнения трюмных, складских и вагонных операций. При перегрузке тарно-штучных грузов в качестве вспомогательных машин используют электро- и автопогрузчики с комплектами сменных захватных устройств.

При выгрузке навалочных грузов из судов вспомогательные машины используют для подгребания и зачистки трюма от остатков груза, для образования штабелей груза на тыловых площадках, погрузки его в вагоны и автомобили. В качестве трюмных вспомогательных машин используют малогабаритные бульдозеры, в качестве складских – различные типы кранов, бульдозеры, отвалообразователи, экскаваторы.

При отгрузке навалочных грузов со склада в суда используют обычно краны и бульдозеры. При перегрузке круглых лесоматериалов со склада в полувагоны для выравнивания торцов бревен применяют торцевальные машины.

Портовые склады классифицируют по следующим основным признакам: назначению, расположению относительно причального фронта, условиям и срокам хранения.

По назначению склады делятся на универсальные и специализированные. Универсальный склад предназначен для хранения различных грузов, специализированный – для хранения определенного груза (зерна, лесоматериалов, цемента, угля и т. д.).

По условиям хранения грузов склады делят на закрытые, открытые и навесы (рисунок 1.24).

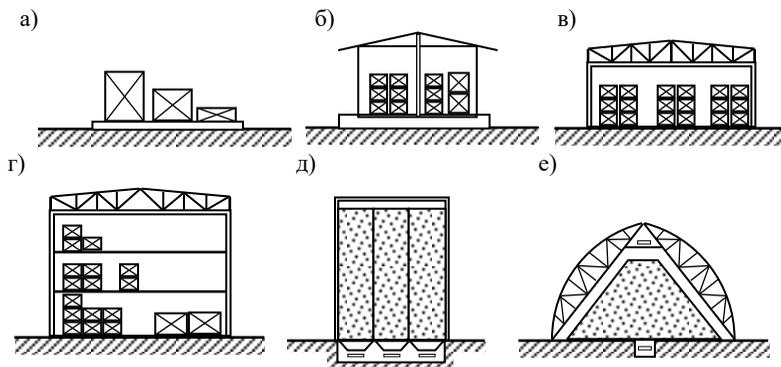


Рисунок 1.24 – Схемы портовых складов:

a – открытая площадка; *б* – навес; *в-е* – крытые склады:
в – одноэтажный; *г* – многоэтажный; *д* – силосный; *е* – шатровый

Закрытый склад – специальное помещение для хранения ценных грузов, подверженных порче от воздействия атмосферных осадков, солнечных лучей, колебаний температуры воздуха. По конструкции и условиям загрузки (разгрузки) транспортных средств различают склады безрамповые (рисунок 1.25, *a*), с одной (рисунок 1.25, *б*) и двумя (рисунок 1.25, *в*) рампами – грузовыми платформами.

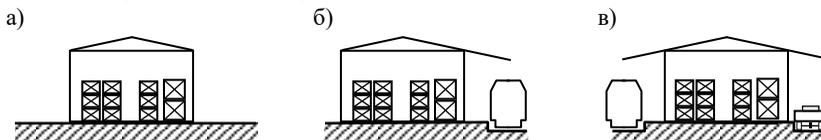


Рисунок 1.25 – Схема закрытых складов:

a – безрампового; *б* – с одной рампой; *в* – с двумя рампами

В закрытых специализированных складах хранят зерно, цемент, апатиты, некоторые минеральные удобрения, скоропортящиеся, наливные и другие грузы.

Открытый склад – площадка, используемая для хранения лесоматериалов, контейнеров, навалочных (угля, руды, минерально-строительных материалов и т. д.), тяжеловесных и других грузов, не требующих закрытого или защищенного от атмосферных осадков и солнечных лучей хранения. Площадка должна иметь покрытие, удобные подъезды и освещение. На открытых площадках навалочные грузы хранят в штабелях различных размеров и форм, размещаемых обычно параллельно причальному фронту в одну или несколько линий.

Навес – площадка, над которой на опорах сооружена крыша. Под навесом хранят малоценные грузы, требующие защиты от прямого воздействия атмосферных осадков и солнечных лучей.

По срокам хранения грузов склады делят на оперативные (транзитные) и длительного хранения – базисные.

Оперативные (транзитные) склады обеспечивают краткосрочное хранение груза. Сроки хранения грузов в транзитных складах ограничиваются двумя – тремя сутками в зависимости от рода груза. Эти

склады располагаются в посредственной близости от причалов рядом с прикродонными железнодорожными путями (рисунок 1.26, а).

Базисные склады обеспечивают накопление и длительное хранение грузов (рисунок 1.26, б). Некоторые речные порты обеспечивают доставку грузов сухопутными видами транспорта в базисные склады круглогодично. Сроки хранения грузов в базисных складах могут достигать двух и более месяцев.

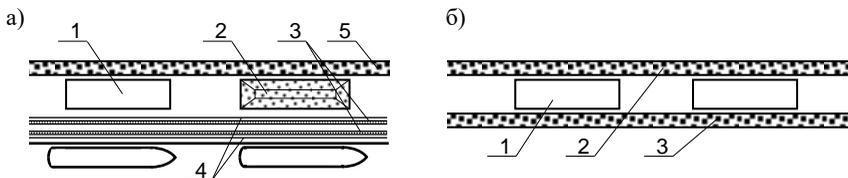


Рисунок 1.26 – Схемы расположения складов:

а – транзитных: 1 – крытый склад; 2 – открытая площадка; 3 – прикродонные железнодорожные пути; 4 – подкрановые пути; 5 – автомобильная дорога; б – базисных: 1 – крытые склады; 2 – автомобильная дорога; 3 – железнодорожные пути

Помимо грузовых складов порты располагают вспомогательными складами материально-технического снабжения, горюче-смазочных материалов, топливными и др.

1.5 Характеристика судоремонтных и судостроительных предприятий

Ремонт и модернизацию флота осуществляют судостроительно-судоремонтные, судоремонтно-механические и судоремонтные заводы; судоремонтные мастерские; ремонтно-эксплуатационные базы флота; отстойно-ремонтные пункты; подсобные предприятия (мастерские портов, агентств и пристаней, технических участков пути или районов гидросооружений).

Производственные процессы на судостроительных и судоремонтных предприятиях (ССРЗ) весьма многочисленны и разнообразны, однако, их можно классифицировать по различным признакам.

По отношению к производству конечной профильной предприятию продукции (суда, их элементы, прочая продукция) все производственные процессы можно разделить на **три группы** (рисунок 1.27):

- *основные* (изготовление или ремонт конечной продукции);
- *вспомогательные* (изготовление инструмента, приспособлений и оснастки, ремонт технологического оборудования);
- *обслуживающие* – (транспортные, грузоподъемные и складские операции, обеспечение всеми видами энергии).

В свою очередь, основные производственные процессы по стадиям изготовления продукции подразделяются также на **три группы** (рисунок 1.28):

– *заготовительные* (первичная обработка сырья и материалов для получения различных заготовок);

– *обрабатывающие* – непосредственная обработка материала для получения деталей согласно рабочим чертежам на изготовление или ремонт продукции;

– *сборочно-монтажные* – сборка узлов, конструкций, готовых изделий, их отделка и испытания.

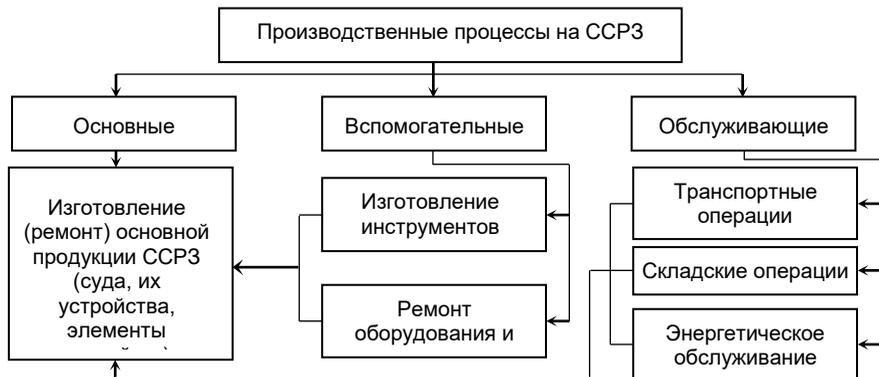


Рисунок 1.27 – Классификация производственных процессов на ССРЗ



Рисунок 1.28 – Структура основных процессов и видов работ судоремонтных и судостроительных предприятий

Изложенные виды процессов в основном и вспомогательном производстве подразделяются на более мелкие элементы – виды работ (см. рисунок 1.28), которые определяют специфику применяемого оборудования, технологию работ, квалификационные характеристики рабочих и, следовательно, технологическую специализацию производства, которая, в свою очередь, определяет производственную структуру ССРЗ.

Наличие в структуре конкретного ССРЗ цехов или участков определяется масштабом предприятия и уровнем развития технологической специализации (рисунок 1.29).

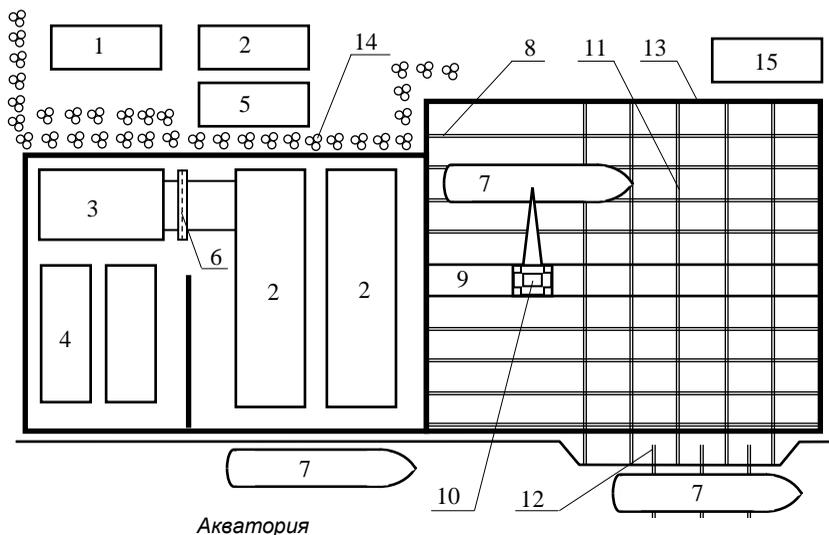


Рисунок 1.29 – Схема генерального плана ССРЗ:

1 – инженерный корпус; 2 – блок цехов; 3 – склад стали; 4 – центральный склад; 5 – блок вспомогательных помещений; 6 – мостовой кран; 7 – суда; 8 – дорожки слипа; 9 – подкрановые пути; 10 – кран слипа; 11 – скатные пути слипа; 12 – подъемные пути слипа; 13 – автомобильная дорога; 14 – зеленые насаждения; 15 – склад горюче-смазочных материалов

Современные ССРЗ komponуются таким образом, чтобы в максимальной степени перенести работы по постройке или ремонту судов в цеховые условия. Наиболее рациональная компоновка достигается при строительстве блоков цехов и однородных вспомогательных производств, располагающихся в непосредственной близости друг от друга.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА

2.1 Технические характеристики транспортного флота

Первостепенное значение на условия и эффективность организации работы речного транспорта оказывают характеристики транспортного флота, используемого на перевозках.

Основные технические, эксплуатационные и экономические характеристики транспортного судна позволяют без излишней детализации составить о нем общее представление, оценить возможность его применения на перевозках тех или иных грузов, осуществлять нормирование операций транспортного процесса, а также решить задачи эффективного использования флота на перевозках.

К основным техническим характеристикам судна относятся его водоизмещение и линейные размерения.

Водоизмещением называется масса воды, вытесненная плавающим судном. Так как масса вытесняемой плавающим телом воды определяется объемом погруженной в воду части этого тела, то для судов различают полное водоизмещение (водоизмещение полностью загруженного судна, снабженного всеми необходимыми запасами топлива, воды, продовольствия) и водоизмещение в порожнем состоянии (водоизмещение судна со всеми запасами, но без грузов и пассажиров). В теоретических расчетах водоизмещение судна может быть определено по формуле

$$D = \gamma_n V, \quad (2.1)$$

где γ_n – плотность воды, т/м³;

V – объем погруженной в воду части корпуса судна, м³.

Линейные размерения судна и их соотношения характеризуют корпус судна, как его основной конструктивный элемент.

Общее представление о геометрической характеристике формы корпуса судна дает теоретический чертеж корпуса. Теоретический чертеж корпуса судна – совокупность проекций очертаний корпуса на три взаимно перпендикулярные плоскости: диаметральною (ДП), мидель-шпангоута () и конструктивной ватерлинии (КВЛ) (рисунок 2.1).

Под линейными характеристиками судна понимаются его главные размерения (рисунок 2.2), то есть его линейные размеры (длина, ширина, высота борта, высота надводного борта, наибольшая высота судна и осадка), оказывающие непосредственное влияние на особенности эксплуатации судна. Они подразделяются на конструктивные (расчетные) и габаритные.

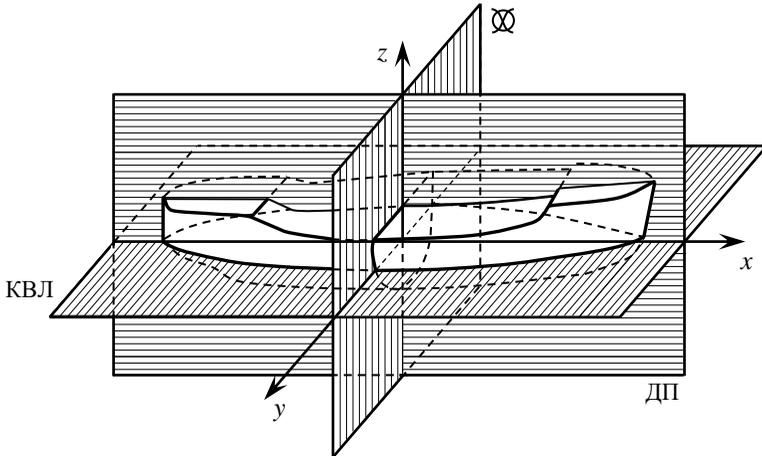


Рисунок 2.1 – Теоретический чертеж корпуса судна

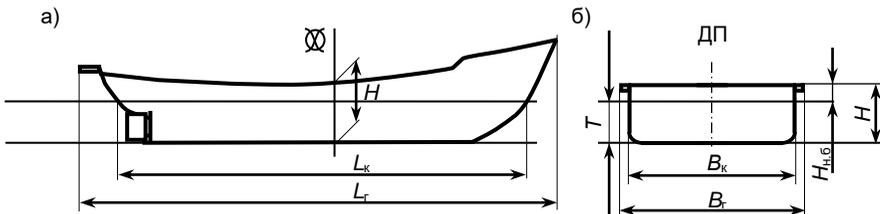


Рисунок 2.2 – Главные размеры судна:
 а – сечение корпуса диаметральной плоскостью;
 б – сечение корпуса плоскостью мидель-шпангоута

Габаритные размеры отсчитываются между крайними точками корпуса судна и определяют возможность размещения судна в камерах шлюзов, у причала, прохождения каналов, узкостей и извилистых участков рек. Конструктивные размеры отсчитываются в плоскости конструктивной ватерлинии и ими оперируют в основном проектировщики судов.

Конструктивная длина судна L_k – расстояние между точками пересечения конструктивной ватерлинии с диаметральной плоскостью в носовой и кормовой частях судна.

Габаритная длина L_r – расстояние, измеренное в горизонтальной плоскости между крайними точками носовой и кормовой оконечностей корпуса с учетом постоянно выступающих (несъемных) частей.

Конструктивная ширина B_k – расстояние, измеренное в плоскости мидель-шпангоута перпендикулярно диаметральной плоскости на уровне

конструктивной ватерлинии между внешними поверхностями обшивки корпуса.

Наибольшая ширина B_n – расстояние, измеренное перпендикулярно диаметральной плоскости между крайними точками корпуса без учета выступающих частей (привальных брусьев, обносов и т. д.).

Габаритная ширина B_r – расстояние, измеренное перпендикулярно диаметральной плоскости между крайними точками корпуса с учетом выступающих частей.

Высота борта H – вертикальное расстояние, измеренное в плоскости мидель-шпангоута от основной плоскости до бортовой линии верхней палубы.

Габаритная высота судна – расстояние, измеряемое от основной плоскости до высшей точки несъемного оборудования (антенн, труб, мачт).

Высота надводного борта $H_{н.б}$ – расстояние, измеряемое в плоскости мидель-шпангоута от ватерлинии до линии пересечения борта с верхней палубой.

Осадка судна T – вертикальное расстояние, измеренное в плоскости мидель-шпангоута от основной плоскости до плоскости конструктивной ватерлинии.

Для оценки навигационных качеств судна в различных условиях плавания используются коэффициенты полноты корпуса.

Отношение подводной части корпуса V к объему параллелепипеда со сторонами L , B и T , в который вписывается этот объем, называется коэффициентом полноты корпуса

$$\delta = \frac{V}{LBT}. \quad (2.2)$$

Для самоходных грузовых судов внутреннего плавания $\delta = 0,80 \dots 0,87$, а для наиболее быстроходных снижается до $0,75$.

Отношение площади конструктивной ватерлинии $S_{квл}$ к площади описанного прямоугольника со сторонами L и B называется коэффициентом полноты ватерлинии

$$\alpha = \frac{S_{квл}}{LB}. \quad (2.3)$$

Отношение погруженной площади мидель-шпангоута S_{∞} к площади описанного прямоугольника со сторонами B и T называется коэффициентом полноты мидель-шпангоута

$$\beta = \frac{S_{\infty}}{BT}. \quad (2.4)$$

Коэффициент продольной полноты корпуса

$$\varphi = \frac{\delta}{\beta} \cdot \quad (2.5)$$

Коэффициент вертикальной полноты

$$\chi = \frac{V}{S_{\text{квл}} T} = \frac{\delta}{\alpha} \cdot \quad (2.6)$$

Для оценки навигационных качеств наиболее часто используются коэффициенты δ , α , β . Диапазоны изменения этих коэффициентов и отношения главных размерений существенно различаются по типам судов и приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики формы корпуса судов по их типам

Тип судна	δ	α	β	L/B	B/T	L/H
Баржи-площадки сухогрузные	0,85–0,90	0,92–0,99	0,997–0,999	5,2–5,0	6,0–9,5	22–33
Баржи трюмные сухогрузные	0,80–0,85	0,90–0,95	0,997–0,999	5,5–6,0	4,5–6,0	18–22
Баржи нефтеналивные	0,85–0,90	0,92–0,99	0,997–0,999	5,0–7,0	5,5–7,0	30–40
Сухогрузные теплоходы	0,80–0,85	0,88–0,92	0,995–0,997	5,5–8,2	4,4–7,4	19–28
Паромы	0,60–0,87	0,76–0,90	0,900–0,990	3,5–7,0	4,0–8,0	10–22
Буксиры	0,50–0,65	0,75–0,90	0,850–0,980	3,5–5,5	3,0–7,0	7–18
Буксиры-толкачи	0,55–0,65	0,78–0,90	0,900–0,990	3,5–4,5	4,0–7,0	12–16
Грузопассажирские и туристские суда	0,65–0,75	0,75–0,85	0,800–0,970	7,0–10,0	5,0–6,0	22–25
Пассажирские суда	0,45–0,55	0,75–0,80	0,800–0,870	6,0–7,5	4,0–6,0	17–22

Помимо коэффициентов полноты корпус судна характеризуется соотношениями его главных размерений:

- отношение длины судна к ширине характеризует ходкость судна (чем больше данное отношение, тем лучшей ходкостью обладает судно);
- отношение длины судна к высоте борта дает представление об общей прочности корпуса (чем больше отношение, тем больше требуется затратить материала, чтобы обеспечить достаточную прочность корпуса);
- отношение высоты борта к осадке оказывает влияние на остойчивость, непотопляемость, прочность и вместимость судна;
- отношение ширины к осадке характеризует остойчивость судна, ходкость и устойчивость на курсе (с увеличением данного отношения остойчивость увеличивается, а устойчивость на курсе снижается);
- отношение длины судна к осадке влияет на поворотливость судна (чем меньше данное отношение, тем маневреннее судно).

2.2 Основные типы транспортных судов

По назначению, в зависимости от объекта и способа перевозок, транспортные суда разделяются на грузовые, пассажирские,

грузопассажирские и буксирные (буксиры-толкачи). Специфика работы данных категорий судов определяет существенные различия в их архитектурно-конструктивных схемах (рисунок 2.3).

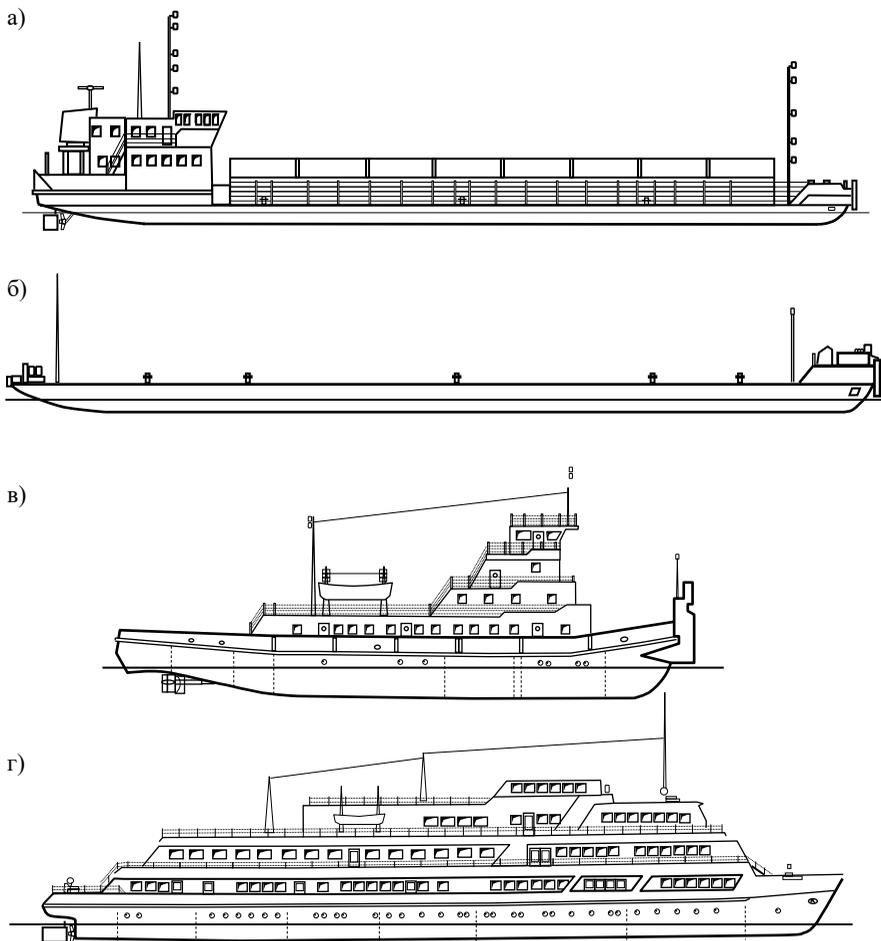


Рисунок 2.3 – Архитектурно-конструктивные схемы судов различных типов:
a – трюмный теплоход; *б* – сухогрузная баржа-площадка;
в – буксир-толкач; *г* – пассажирский теплоход

Грузовые самоходные суда широко применяются для перевозок различных грузов по внутренним водным путям. Такие суда по виду перевозимого груза делятся на сухогрузные и наливные.

Сухогрузный флот состоит из универсальных судов (общего назначения) и специализированных судов, которые применяются для перевозки определенных грузов.

Сухогрузные теплоходы в основной своей массе являются универсальными, способными перевозить навалочные и насыпные грузы, строительные материалы, лесоматериалы, генеральные грузы. Современные крупные самоходные сухогрузные суда имеют грузоподъемность до 6000 т и скорость до 20 км/ч. Такие суда имеют просторные грузовые трюмы, занимающие основную часть корпуса. Машинные отделения с энергетической установкой располагаются в кормовой части судна, где располагаются также и надстройки с каютами и служебными помещениями (см. рисунок 2.3, *а*).

Грузовые трюмы для удобства выполнения грузовых операций обычно проектируют без продольных и поперечных переборок, но с двойным дном и бортами, с целью обеспечения живучести судна в случае возникновения аварийной ситуации. Трюмы имеют грузовые люки, закрываемые съёмными или сдвижными крышками с механизированными приводами.

Если суда проектируют для перевозки грузов, которые по своим физико-химическим свойствам не требуют укрытия их от воздействия атмосферных осадков, то, как правило, они не имеют грузовых трюмов, а грузы располагаются на палубе. Спроектированные по такому принципу суда называются судами-площадками (см. рисунок 2.3, *б*). Строительство таких судов оказывается менее дорогим и сроки окупаемости таких судов гораздо ниже трюмных грузовых теплоходов. В случае необходимости на теплоходах-площадках могут использоваться тентовые закрытия или они могут оснащаться грузовыми ящиками со съёмными люками, образуя некоторое подобие грузового трюма.

Рефрижераторные суда предназначены для перевозки скоропортящихся грузов. Грузовые трюмы таких судов имеют хорошую термоизоляцию, а холодильные установки поддерживают в них температуру от +5 до -25 °С в зависимости от требуемых условий перевозки. Скорость таких судов, обычно, несколько выше универсальных сухогрузных судов. Как правило, в силу специфики, такие суда оснащаются судовыми грузовыми устройствами.

Грузовые нефтеналивные суда (танкеры) предназначены для перевозки нефтепродуктов. Их конструкция и оборудование варьируется в зависимости от рода груза. Грузоподъемность современных танкеров для внутреннего плавания достигает до 5000 т, а скорость – до 20 км/ч. Обычно танкер представляет собой однопалубное судно с надстройками и машинным отделением в кормовой части корпуса. Грузовая часть делится продольными и поперечными переборками на грузовые отсеки, называемые танками.

Для предотвращения разлива нефтепродуктов и загрязнения окружающей среды при повреждениях в районе грузового трюма корпуса

современных танкеров имеют двойные борты и двойное дно. Конструкция танкера позволяет принимать балласт при движении в порожнем состоянии с целью поддержания требуемых навигационных качеств.

Для обеспечения скорейшей выгрузки вязких нефтепродуктов, особенно в холодные периоды года, танкеры оснащаются специальной судовой системой подогрева содержимого танков. Учитывая специфику нефтяных грузов, особое внимание при проектировании, строительстве и эксплуатации нефтеналивного флота уделяется обеспечению пожарной безопасности.

Помимо вышеперечисленных типов специализированных грузовых судов на внутренних водных путях работают суда: овощевозы, контейнеровозы, рудовозы, цементовозы и др. В конструкции таких судов имеются принципиальные отличия, вызванные спецификой грузов, для перевозки которых они предназначены.

Характеристики наиболее распространенных грузовых самоходных судов, эксплуатирующихся на внутренних водных путях и в смешанном «река – море» сообщении, приведены в приложении А.

Грузовые несамоходные суда, называемые баржами, широко применяются для перевозок по внутренним водным путям различных грузов и занимают значительную долю материально-технической базы речного транспорта. Это вызвано тем, что эффективное использование таких судов позволяет достичь наилучших экономических показателей работы флота на перевозках.

В настоящее время баржи эксплуатируются, как правило, без команд и не имеют надстроек (см. рисунок 2.3, б).

Подобно грузовым теплоходам несамоходные грузовые транспортные суда подразделяются на две группы – универсальные и специализированные. Универсальные, по аналогии, бывают открытыми и закрытыми, что определяет их назначение по отношению к грузам, перевозимым данным видом флота.

Открытые несамоходные грузовые суда группируют в зависимости от архитектурного исполнения на баржи-площадки, трюмные и бункерные. Грузоподъемность таких судов варьируется в широких пределах от 50 до 5000 т (см. приложение А) и используются они для перевозки грузов, которые по своим физико-химическим свойствам не требуют защиты от атмосферных осадков: лесоматериалов, каменного угля, руды, минерально-строительных материалов, контейнеров, тарно-штучных грузов в упаковке, различных технических средств, крупногабаритных, тяжеловесных и иных грузов.

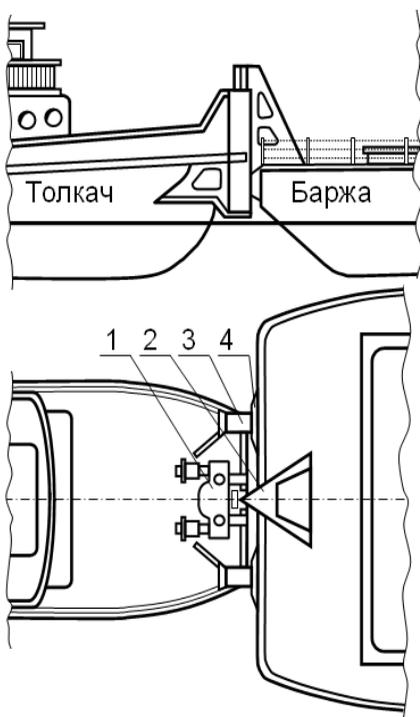
Суда данной группы имеют открытые трюмы, выполненные без продольных и поперечных переборок, а для обеспечения необходимой прочности и непотопляемости – двойные борта и дно.

Сухогрузные баржи, применяемые для перевозок грузов, требующих защиты от атмосферных осадков, имеют закрывающийся сверху трюм. Трюм может закрываться тентом, съемными или сдвижными крышками.

Современные специализированные несамоходные суда используются для перевозок техники, животных, некоторых сыпучих и нефтеналивных грузов – это автобуровозы, скотовозы, цементовозы, лесовозы, сухогрузно-наливные, наливные и др.

Несамоходные суда оборудуются рулевыми, якорными, швартовными и буксирными устройствами. С целью сокращения потерь времени на выполнение непроизводительных операций, но предусмотренных технологией работы с несамоходным флотом по формированию состава несамоходных судов, последние оборудуются автосцепными устройствами (рисунок 2.4).

а)



б)

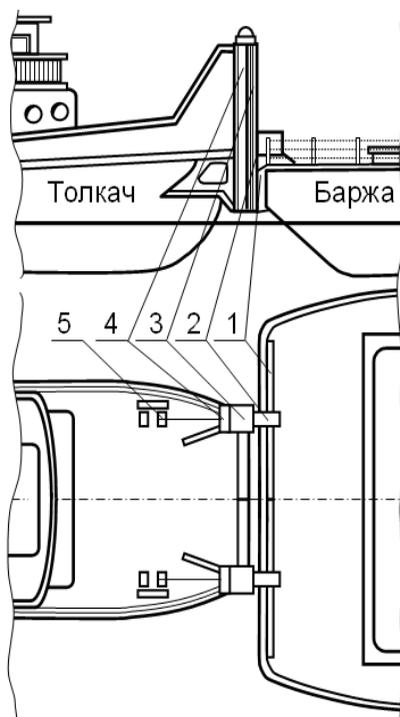


Рисунок 2.4 – Конструктивные схемы автосцепов:

a – однозамковый автосцеп; 1 – сцепной замок; 2 – вертикальная сцепная балка; 3 – вертикальные носовые упоры; 4 – кормовые упорные площадки на барже; *b* – двухзамковый автосцеп; 1 – кормовая горизонтальная сцепная балка; 2 – замок-крюк; 3 – вертикальные направляющие балки; 4 – носовые упоры; 5 – лебедка для подъема замка

Буксирные суда предназначены для буксировки составов из барж, других судов и плавсредств, а толкачи – для толкания составов. Современные буксиры должны развивать значительные тяговые усилия, обладать хорошей остойчивостью, высокими маневренными качествами и ходкостью, иметь высокую прочность. Выполнение перечисленных требований обеспечивается оптимальными соотношениями главных размерений таких судов (см. таблицу 2.1) и соответствующей формой корпуса (см. рисунок 2.3, *в*), выбором мощной энергетической установки и эффективных движительно-рулевых комплексов.

Отличительной особенностью таких судов является наличие мощной энергетической установки, по своим характеристикам намного превосходящей установки прочих видов флота. Такие суда отличаются малой длиной, значительной остойчивостью и необходимой маневренностью, имеют высокие надстройки, располагающиеся в передней части корпуса, что позволяет улучшить обзор из рулевой рубки при управлении длинным составом несамоходных судов. Основные характеристики буксирного флота приведены в приложении А.

Существует два способа приведения состава в движение – буксировка и толкание, при этом последний способ является более энергетически эффективным. Данный факт нашел отражение в том, что в последнее время на внутренних водных путях широчайшее распространение получили буксиры-толкачи, отличающиеся от обычных буксирных судов тем, что оборудованы как буксирными устройствами, так и сцепными. Такие суда способны выполнять все необходимые операции, связанные с буксировкой и толканием составов.

Современные буксиры-толкачи имеют высокий уровень автоматизации управления главными энергетическими установками, судовыми вспомогательными механизмами и системами, что позволяет им осуществлять движение составов с грузоподъемность до 20 000 т.

Пассажирские суда проектируются и строятся с учетом специфики перевозок, для которых они предназначены. Так, суда для перевозки пассажиров и туристов на дальние расстояния при значительной продолжительности рейсов отличаются от судов, выполняющих перевозки пассажиров на местных, пригородных и внутригородских прогулочных линиях.

Внешняя форма современных пассажирских судов (см. рисунок 2.3, *з*) зависит от многочисленных факторов: от способа поддержания корпуса судна на воде, от назначения, от типа энергетической установки и прочих. При этом к пассажирским судам предъявляются повышенные требования по обеспечению безопасности плавания и созданию комфортных условий для пассажиров и экипажа, поэтому они отличаются от других типов судов наличием энергонасыщенного оборудования и специальных судовых систем, необходимых для жизнеобеспечения пассажиров и экипажа, современных спасательных средств.

Пассажирские суда, обслуживающие регулярные линии или используемые для туристских перевозок по внутренним водным путям, перевозят до 500 пассажиров со скоростью до 30 км/ч. Такие суда имеют, как правило, несколько ярусов, комфортабельные каюты с хорошей звукоизоляцией, системами кондиционирования, душевыми и санузлами.

На местных, пригородных и внутригородских линиях используются небольшие пассажирские суда. Они имеют общие салоны, оборудованные диванами для сидения, помещения для буфетов и кафетериев.

Учитывая специфику перевозок пассажиров, некоторым категориям из которых могут потребоваться высокие скорости поездки, часто, на внутренних водных путях применяют пассажирские суда на подводных крыльях, глиссирующие суда и суда на воздушной подушке. Средние скорости движения таких судов выше водоизмещающих: для глиссирующих судов – до 45 км/ч, для судов на подводных крыльях и воздушной подушке – до 120 км/ч.

Для достижения таких скоростей требуется соблюдение особых условий, определяющих особенности конструкции корпуса судна и материалов, из которых он состоит. Поэтому такие суда имеют хорошо обтекаемые надстройки, невысокие рубки, располагающиеся в передней части корпуса, а для его постройки используются прочные легкие алюминиевые сплавы.

С целью повышения эффективности организации работы флота на некоторых внутренних водных путях используется грузопассажирский флот, оснащенный, помимо пассажирских помещений и грузовыми трюмами. Как правило, грузоподъемность таких судов невелика – до 180 т (см. приложение А).

2.3 Эксплуатационные характеристики транспортного судна

К основным эксплуатационным характеристикам транспортного судна относятся грузоподъемность, грузоместимость, мощность, сопротивление воды движению судна, пассажироместимость, скорость движения и автономность плавания.

Грузоподъемностью называется количество перевозимого судном груза при определенных условиях эксплуатации, то есть разность между полным водоизмещением и водоизмещением в порожнем состоянии.

Грузоподъемность судна, соответствующая максимальной его загрузке, при которой соблюдаются требования Речного Регистра, устанавливаемая для грузовых самоходных, несамоходных и грузопассажирских судов, называется регистражной грузоподъемностью. Данная характеристика является паспортной характеристикой судна и устанавливается заводом-изготовителем.

Грузоподъемность судна, определяемая условиями эксплуатации (габаритами водного пути, свойствами груза, технологией перевозок или грузовых работ), называется эксплуатационной и является переменной величиной. В подавляющем большинстве случаев эксплуатационная грузоподъемность судна принимает значения из диапазона

$$0 < Q_э \leq Q_p, \quad (2.7)$$

где $Q_э$, Q_p – соответственно, эксплуатационная и регистравая грузоподъемность судна, т.

Для пассажирских и грузопассажирских судов введена характеристика «пассажировместимость», определяющая число мест, предназначенных для перевозки пассажиров.

Грузовместимостью судна называется суммарный объем помещений, предназначенных для перевозки грузов.

Иногда, при организации перевозок водным транспортом возникает необходимость использовать производные грузовые характеристики: удельную грузовместимость и удельную грузоподъемность судна. Под удельной грузоподъемностью понимается количество груза, приходящегося на один сантиметр осадки:

$$q = \frac{Q_p}{T_p - T_о}, \quad (2.8)$$

где T_p , $T_о$ – соответственно, регистравая осадка и осадка судна в порожнем состоянии, см.

Удельная грузоподъемность судна позволяет установить, какую массу груза нужно снять с судна или принять на борт с целью изменения его осадки на определенное число сантиметров.

Как видно из рисунка 2.5 осадка судна величина переменная, зависящая от количества груза, перевозимого судном, то есть от грузоподъемности. В этой связи, по аналогии с грузоподъемностью, выделяют регистравую осадку T_p (соответствующую регистравой грузоподъемности Q_p), эксплуатационную $T_э$ (соответствующую эксплуатационной грузоподъемности $Q_э$) и осадку судна в порожнем состоянии T_0 (см. рисунок 2.5).

Удельной грузовместимостью называется отношение грузовместимости судна к его регистравой грузоподъемности:

$$w_c = \frac{V}{Q_p}, \quad (2.9)$$

где V – грузовместимость судна, м³;

Данная характеристика судна показывает объем грузовых помещений, предназначенных для перевозки одной тонны условного груза. Удельная грузовместимость при сравнении с удельным погрузочным объемом перевозимого груза позволяет судить о степени использования

грузовместимости и грузоподъемности данного судна данным конкретным грузом (рисунк 2.6).

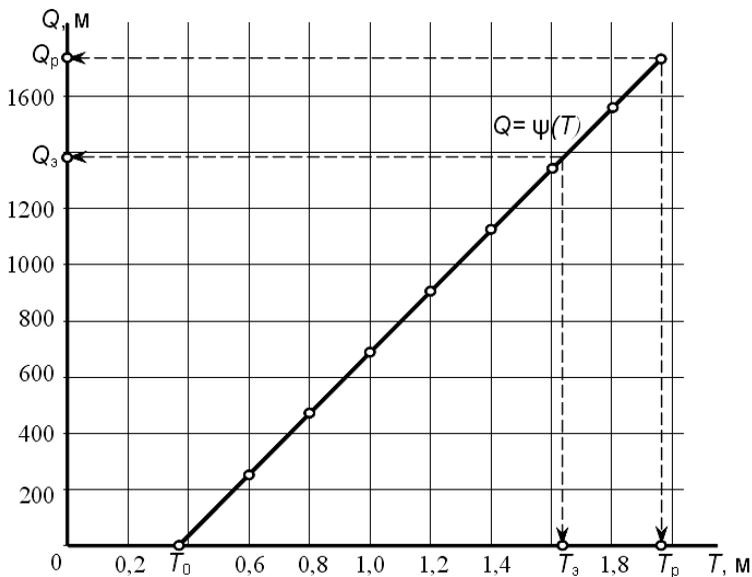


Рисунок 2.5 – Грузовая характеристики судна

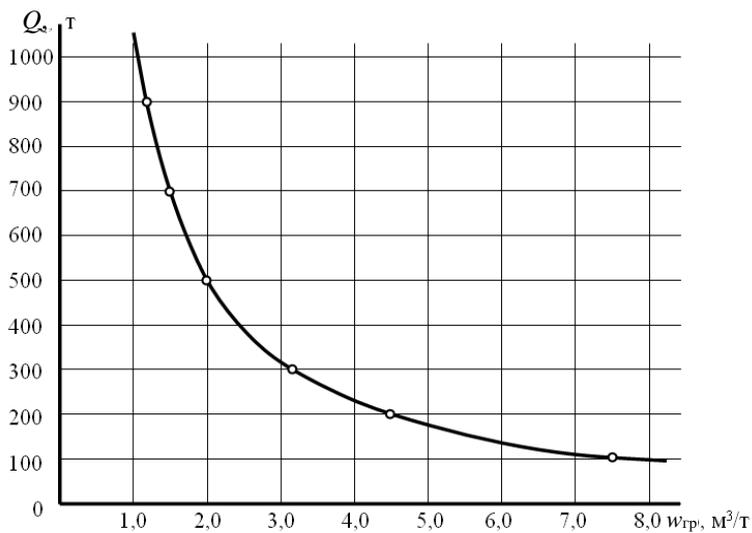


Рисунок 2.6 – Зависимость эксплуатационной грузоподъемности судна от удельного погрузочного объема перевозимого груза $w_{гр}$

К основным скоростным характеристикам судна относятся мощность главных двигателей и скорость движения судна на спокойной глубокой воде.

В понятие скорости как эксплуатационной характеристики грузового самоходного судна входит скорость относительно воды при полной загрузке (соответствующей регистравой грузоподъемности) и в порожнем состоянии (с экипажем, судовыми запасами и балластом), а для буксира-толкача – скорость без состава (с экипажем и запасами).

Скорость грузового судна обратно пропорциональна его загрузке, что отражено на рисунке 2.7.

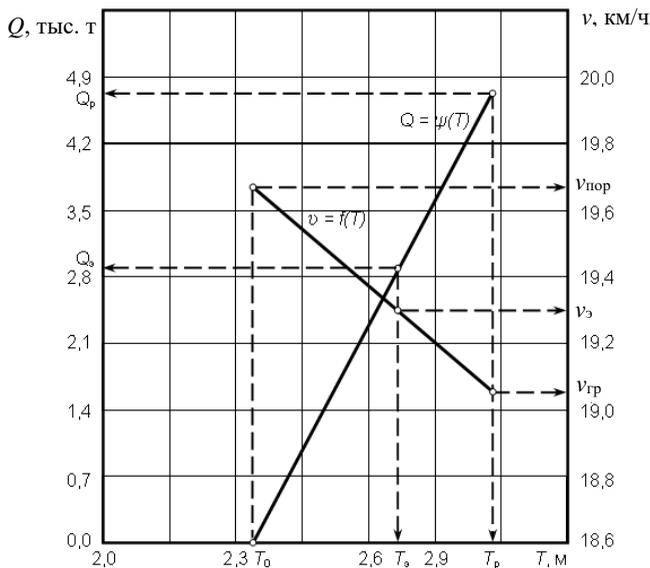


Рисунок 2.7 – Грузовая и скоростная характеристики судна

Как видно из графика, скоростная характеристика судна (зависимость скорости судна от его осадки) имеет линейную зависимость и, следовательно, для определения промежуточных (эксплуатационных) значений скорости движения судна (при загрузке его на эксплуатационную осадку) применимы формулы линейной интерполяции:

$$v = v_{пор} - \frac{v_{пор} - v_{гр}}{T_p - T_0} (T_з - T_0), \quad (2.10)$$

$$v = v_{пор} + \frac{v_{гр} - v_{пор}}{Q_p} Q_з, \quad (2.11)$$

где $v_{пор}$, $v_{гр}$ – соответственно, скорости движения судна в порожнем и груженом состояниях, км/ч;

T_3 – эксплуатационная осадка, м.

Тяговые характеристики буксира-толкача или самоходного судна, помимо мощности его главных двигателей, включают абсолютную и приведенную силы толкания или тяги, определяющих скорость движения судна или толкаемого (буксируемого) состава (рисунок 2.8).

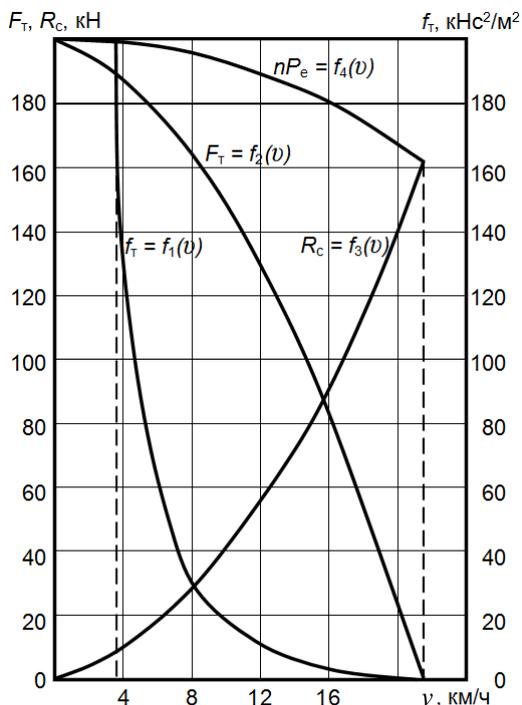


Рисунок 2.8 – Тяговые характеристики судна

Абсолютная сила толкания (тяги) выражает разность двух противоположно направленных сил: общего полезного упора движителей (движущей силы) и сопротивления воды движению судна или состава, тем самым определяя скорость его движения:

$$F_T = nP_e - R_c, \quad (2.12)$$

где n – количество движителей;

P_e – полезный упор одного движителя, кН;

R_c – абсолютное сопротивление воды движению судна (состава), кН.

Учитывая, что зависимость сопротивления воды движению судна и силы толкания (тяги) от скорости движения судна есть квадратическая функция, то с целью упрощения эксплуатационных расчетов введены следующие характеристики: приведенная сила толкания (тяги) и приведенное сопротивление воды движению судна, обратно пропорциональные квадрату скорости его движения:

$$f_T = \frac{F_T}{v^2}, \quad (2.13)$$

$$r = \frac{R_c}{v^2}. \quad (2.14)$$

Как видно из графика (см. рисунок 2.8), при нулевой скорости движения (на швартовых), значения F_T и f_T принимают максимальные значения и, наоборот, при скорости движения $v_{пор}$ (без состава) – нулевые значения.

Важным эксплуатационным качеством буксира-толкача является его тяговый коэффициент полезного действия (тяговый КПД), выражающий отношение его тяговой мощности к общей эффективной мощности:

$$\eta = \frac{N_T}{N_{эф}}, \quad (2.15)$$

где N_T , $N_{эф}$ – соответственно, тяговая и общая эффективная мощность буксира-толкача, кВт.

На рисунке 2.9 показана зависимость тягового КПД буксиров-толкачей различной мощности от скорости их движения:

– при $v = 0$ км/ч тяговый КПД также принимает нулевое значение;

– с увеличением скорости КПД повышается до максимального значения, после чего начинает снижаться, что объясняется резким снижением силы толкания (тяги) F_T (см. рисунок 2.7);

– при наибольшей скорости движения $v_{пор}$ (в порожнем состоянии – для грузовых судов, без состава – для буксиров-толкачей) значение КПД также принимает нулевое значение, так как $F_T = 0$;

– с ростом мощности буксиров-толкачей максимальное значение тягового КПД возрастает.

Выделенная на рисунке 2.9 зона максимальных значений тягового КПД определяет, соответственно, зону эффективного использования буксира-

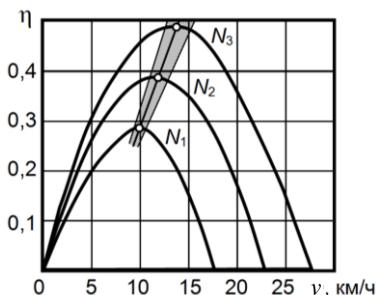


Рисунок 2.9 – Зависимость тягового КПД от скорости движения для буксиров-толкачей различной мощности

толкача как транспортного средства. Как видно из рисунка 2.9, максимальному значению КПД соответствует скорость буксира-толкача, равная, примерно, $0,5v_{\text{пор}}$.

Тяговыми характеристиками несамоходного судна являются абсолютные и приведенные сопротивления воды его движению при регистражной осадке и при осадке в порожнем состоянии, рассчитываемые по формуле (2.14).

По аналогии с приведенной силой тяги приведенное сопротивление воды движению судна (состава) представляет абсолютное сопротивление при скорости движения судна (состава) 1 м/с. С увеличением осадки оно возрастает по линейной зависимости (рисунок 2.10), поэтому для промежуточных значений может быть определено по формуле линейной интерполяции

$$r_c = r_{c \text{ пор}} + \frac{r_{c \text{ гр}} - r_{c \text{ пор}}}{T_p - T_o} (T_p - T_o), \quad (2.16)$$

где $r_{c \text{ пор}}$, $r_{c \text{ гр}}$, – соответственно, приведенные сопротивления воды движению судна (состава) в порожнем и груженом состояниях, $\text{кНс}^2/\text{м}^2$.

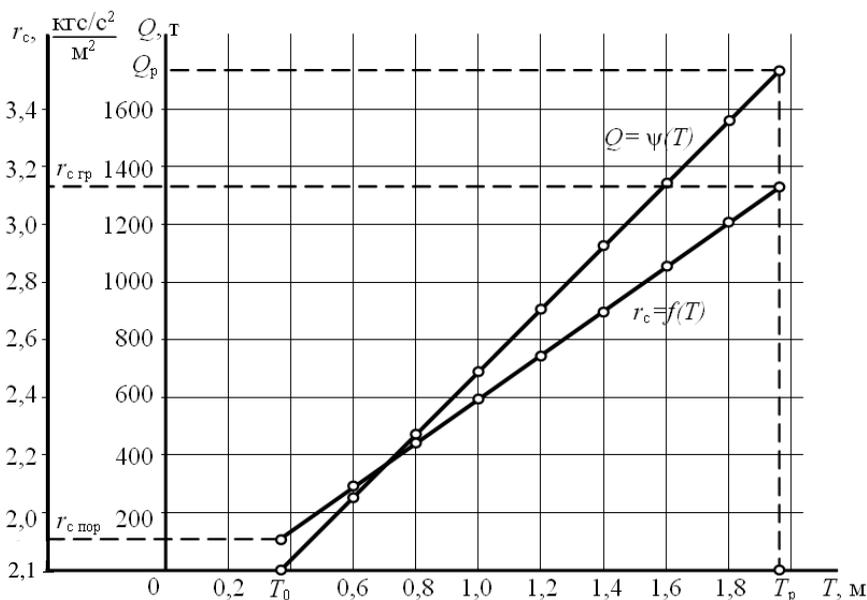


Рисунок 2.10 – Совмещенный график зависимости грузоподъемности и приведенного сопротивления воды движению судна от его осадки

Важной эксплуатационной характеристикой самоходных судов является автономность плавания – время, в течение которого судно может

2.4 Экономические характеристики транспортного судна запасов топлива, воды, сдачи сухого мусора и т.д.

Помимо вышеуказанных эксплуатационных характеристик в зависимости от типа эксплуатационной задачи могут выделяться и другие, например, количество и размер грузовых люков, коэффициент вертикальной проницаемости (раскрытия палубы) – характеристики, влияющие на скорость выполнения грузовой обработки; комфортабельность – характеристика пассажирских судов.

2.4 Экономические характеристики транспортного судна

Основными экономическими характеристиками транспортных судов являются строительная (для судов новой постройки) или балансовая (для судов, находящихся на балансе транспортного предприятия) стоимость, эксплуатационные расходы на содержание судна за год, судо-суточные, судо-часовые, удельные показатели эксплуатационных расходов и строительной (балансовой) стоимости, а также численность экипажа.

Важнейшей экономической характеристикой транспортного судна, оказывающей влияние на все остальные экономические характеристики, является его строительная стоимость. В составе основных производственных фондов судоходных компаний общая стоимость флота составляет значительную их долю.

Строительная стоимость судна складывается из заводской себестоимости его постройки K_3 с учетом влияния серийности строительства $\alpha_{сер}$ и размеров планового накопления судостроительного предприятия $\Delta\Pi$ в процентах от себестоимости:

$$K_c = \alpha_{сер} K_3 \left(1 + \frac{\Delta\Pi}{100} \right). \quad (2.17)$$

Примерная динамика изменения строительной стоимости судна (в процентах) в зависимости от числа судов в серии строящегося флота представлена на рисунке 2.11.

Заводская стоимость постройки судна складывается из затрат по следующим статьям: материалы, полуфабрикаты и готовые изделия; заработная плата производственных рабочих; контрагентские

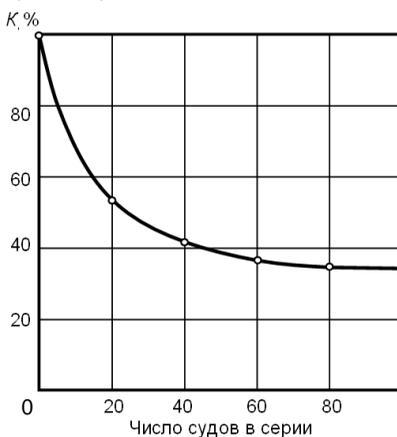


Рисунок 2.11 – Зависимость строительной стоимости судна от числа судов в серии

поставки и работы, включающие стоимость сторонних поставок оборудования, а также стоимость работ, выполняемых сторонними организациями; прочие прямые расходы, включая транспортные расходы, расходы по разработке конструкторско-проектной документации, по изготовлению технической оснастки, использованию плавсредств, испытаниям судна и другим; накладные расходы, включающие цеховые (расходы по содержанию, ремонту и амортизации цехового производственного оборудования, зданий и сооружений, технологические затраты материалов, электроэнергии и топлива, затраты по содержанию цехового персонала) и общезаводские (административно-управленческие расходы, затраты по содержанию, ремонту и амортизации зданий, сооружений и инвентаря общепроизводственного характера, по содержанию охраны, средств связи, транспорта и т. д.).

Строительная стоимость флота оказывает существенное влияние не только при экономических обоснованиях проектирования и строительства новых типов судов, но и при выборе способов организации перевозочного процесса с участием речного транспорта. В этой связи, важно знать общие тенденции ее изменения для различных условий по типам и видам транспортного флота.

Решающее влияние на строительную стоимость оказывают технические и эксплуатационные характеристики судна: водоизмещение, грузоподъемность, пассажировместимость, мощность энергетической установки и другие. С увеличением данных характеристик увеличивается и строительная стоимость судна. Данный факт объясняется тем, что увеличение любой из перечисленных характеристик требует больших затрат металла, оборудования, дополнительного расширения судовых систем и т. д. (рисунок 2.12).

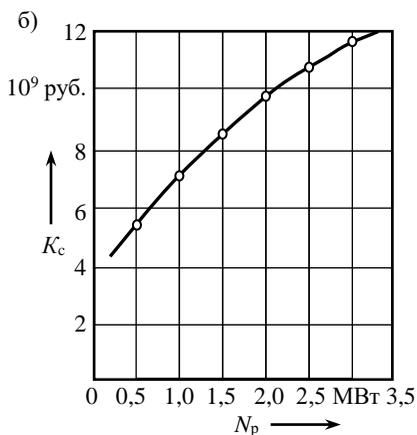
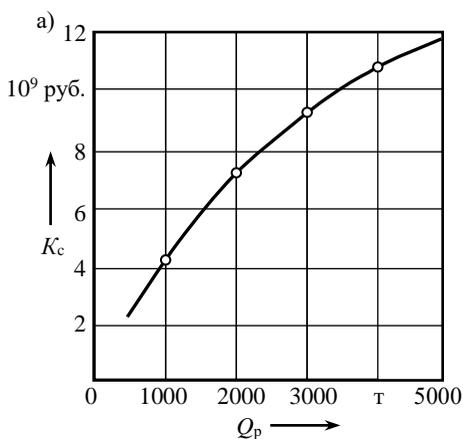


Рисунок 2.12 – Графики зависимостей строительной стоимости флота от эксплуатационных характеристик:

a – строительной стоимости сухогрузного теплохода от грузоподъемности;

б – строительной стоимости толкача от мощности

Однако рост строительной стоимости не прямо пропорционален увеличению значения перечисленных технических и эксплуатационных характеристик судна. Наиболее наглядным это становится при исследовании динамики изменения удельных экономических характеристик. Например, удельная строительная стоимость судна, определяемая отношением его строительной стоимости к грузоподъемности, либо к грузовместимости, либо к мощности, либо к пассажироместимости, с ростом данных эксплуатационных характеристик снижается (см. рисунок 2.13), в то время как абсолютная стоимость – возрастает (рисунок 2.12).

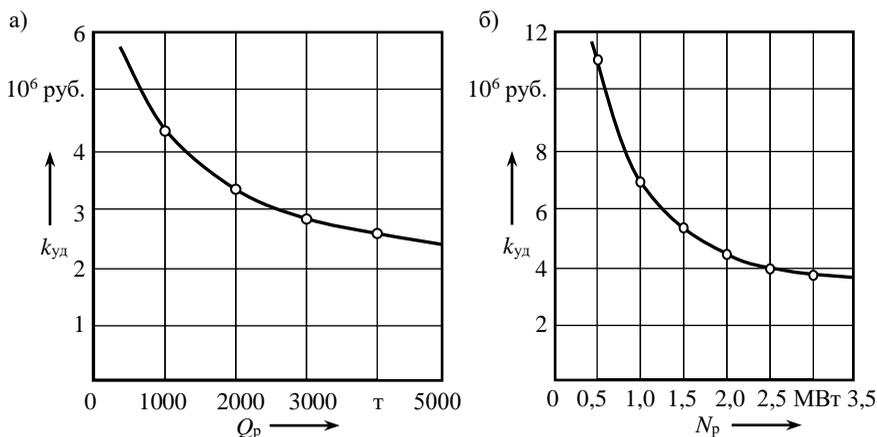


Рисунок 2.13 – Графики зависимостей удельной строительной стоимости флота от эксплуатационных характеристик:

- а – удельной строительной стоимости сухогрузного теплохода от грузоподъемности;
б – удельной строительной стоимости толкача от мощности

Структура затрат на постройку транспортных судов различных типов неодинакова (рисунок 2.14).

Строительная стоимость специализированных судов по сравнению со стоимостью универсальных возрастает за счет дополнительной стоимости специального и перегрузочного оборудования, дополнительных судовых установок и систем. Также она колеблется в зависимости от класса Речного Регистра, например, для двух судов с грузоподъемностью по 2000 т, но разных классов, соответственно «М» и «О», стоимость первого судна оказывается выше более чем на 20 %, а для судов грузоподъемностью 1000 т и классов «О» и «Р» – на 11 %.

Строительная стоимость пассажирских (водоизмещающих) судов зависит от пассажироместимости и мощности, а при относительном

равенстве этих характеристик – от затрат на комфортабельность пассажирских помещений.

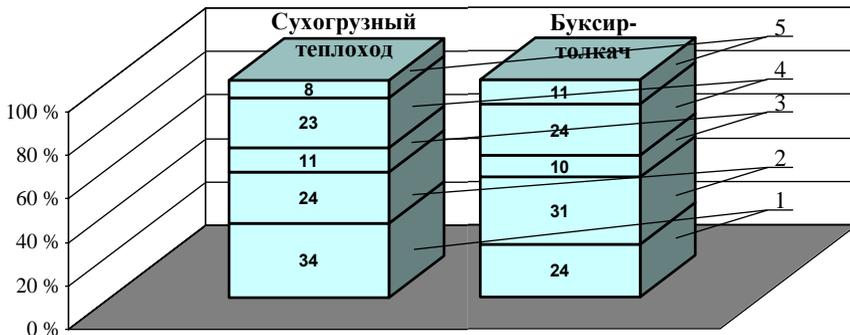


Рисунок 2.14 – Структура затрат на строительство транспортных судов:

1 – стоимость механизмов и оборудования; 2 – затраты на материалы; 3 – оплата труда производственного персонала; 4 – цеховые и общезаводские расходы; 5 – индивидуальные расходы

Следует отметить, что в условиях рыночной экономики, когда судостроительные предприятия могут самостоятельно формировать цены на свою деятельность, диапазоны варьирования строительной стоимости транспортного флота могут быть значительными за счет гибких маркетинговых отношений, возникающих между ними и судовладельцами или предприятиями-поставщиками комплектующих и материалов. Тем не менее общие тенденции, которые были перечислены выше, соблюдаются и могут быть использованы в эксплуатационной деятельности судоводных компаний при организации перевозок грузов.

Снижение строительной стоимости судов является важным фактором снижения себестоимости перевозок и повышения конкурентоспособности речного транспорта. На стадиях проектирования и постройки оно может быть достигнуто за счет типизации проектов и серийного строительства, специализацией судостроительного предприятия на постройке ограниченного количества типов судов, использование стандартного, унифицированного судового оборудования и проектов, использования типовой технологической оснастки, экономией материала, снижением отходов и потерь, автоматизацией производственных операций и процессов.

После постройки судна, проведения приемосдаточных испытаний и приема судна в постоянную эксплуатацию судостроительным предприятием оно передается на баланс предприятия, которое намерено использовать его на транспортной работе. В момент зачисления на баланс предприятия судно

приобретает балансовую стоимость, которая помимо строительной стоимости включает в себя затраты на доставку судна к месту постоянной приписки и строительно-монтажные работы, которые при этом выполнялись.

В процессе эксплуатации судно стареет физически и морально, изнашиваются его элементы, выполняются ремонтные работы, модернизация, поэтому балансовая стоимость судна – величина переменная.

Эксплуатационные расходы по содержанию судна представляют собой текущие затраты, связанные с содержанием судна в эксплуатации с целью поддержания его в работоспособном состоянии. Состав эксплуатационных расходов и примерное долевое их соотношение для грузового теплохода представлено на рисунке 2.15.

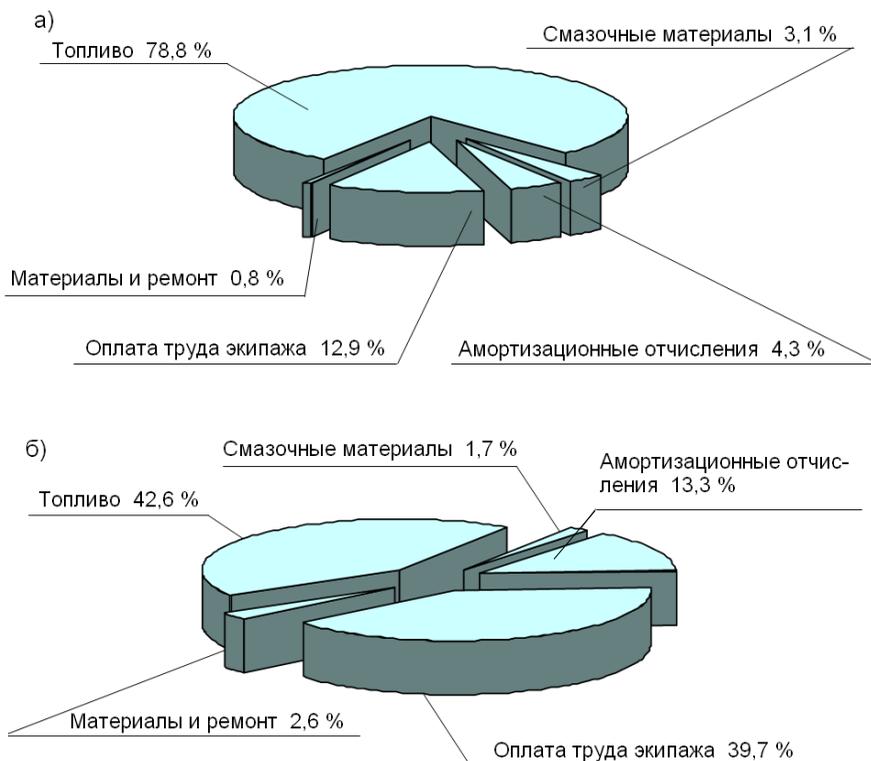


Рисунок 2.15 – Распределение затрат в эксплуатационных расходах содержания грузового теплохода:

a – на ходу; *b* – на стоянке

На основании абсолютных величин эксплуатационных расходов рассчитываются относительные величины – судо-часовые (судо-суточные) и удельные показатели эксплуатационных расходов.

Судо-часовые эксплуатационные расходы представляют собой сумму эксплуатационных расходов, приходящихся в среднем на данное судно за один час его эксплуатации и выражают себестоимость его работы:

$$c = \frac{\sum \Theta}{t_{\text{раб}}}, \quad (2.18)$$

где $\sum \Theta$ – эксплуатационные расходы на содержание судна за год;

$t_{\text{раб}}$ – продолжительность работы судна за год, ч.

Поскольку расходы по самоходному флоту при выполнении различных операций транспортного процесса неодинаковы (см. рисунок 2.15), что является следствием различного расхода топлива и смазочных материалов при движении судна, на маневрах и на стоянке, то часто требуется рассчитывать несколько судо-часовых показателей – на стоянке $c_{\text{ст}}$, на ходу c_x и на маневрах c_m :

$$c_x = c_o + c_{\text{т.х}}; \quad (2.19)$$

$$c_m = c_o + c_{\text{т.м}}; \quad (2.20)$$

$$c_{\text{ст}} = c_o + c_{\text{т.с}}, \quad (2.21)$$

где c_o – судо-часовые эксплуатационные расходы общие, для всех видов транспортных операций, руб./ч;

$c_{\text{т.х}}$, $c_{\text{т.м}}$, $c_{\text{т.с}}$ – судо-часовые эксплуатационные расходы самоходных судов по топливу и смазочным материалам соответственно на ходу, маневрах и стоянках, руб./ч.

Учитывая, что при эксплуатации теплоходов время маневров крайне незначительное, то при выполнении эксплуатационно-экономических расчетов данными расходами можно пренебречь, приравнивая их к расходам при движении судна. Данный факт объясняется тем, что расход топлива и смазочных материалов теплоходами на маневрах по сравнению с расходом на ходу составляет 65 %, а на стоянке – 5 %.

Удельные показатели эксплуатационных расходов рассчитывают как отношение судо-часовых показателей к одной из эксплуатационных характеристик судна. Как правило, в зависимости от типа судна, рассчитывают следующие удельные характеристики:

– для грузовых судов

$$c'_y = \frac{c'}{Q_p}, \quad (2.22)$$

где Q_p – регистрационная грузоподъемность судна, т;

– буксиров-толкачей

$$c_y = \frac{c}{N_p}, \quad (2.23)$$

где N_p – мощность буксира-толкача, кВт;
– пассажирских судов

$$c_{y \text{ пас}} = \frac{c_{\text{пас}}}{M}, \quad (2.24)$$

где M – пассажировместимость судна, пассажиров.

Удельные показатели эксплуатационных расходов и себестоимость работы транспортного судна имеют схожие со строительной стоимостью зависимости от эксплуатационных характеристик, что отражено на рисунках 2.16 и 2.17.

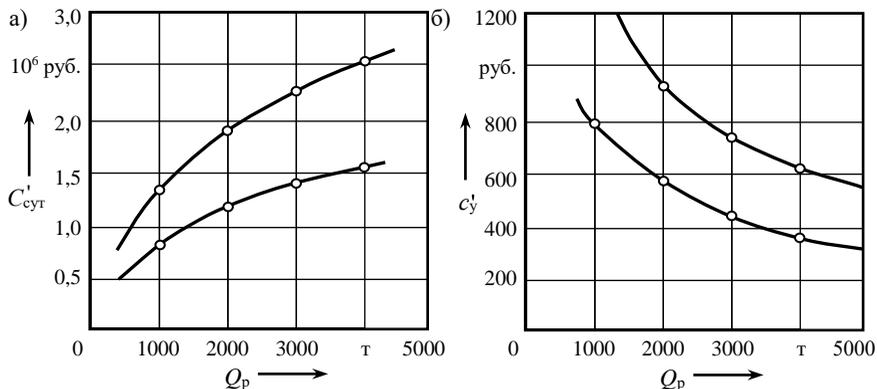


Рисунок 2.16 – Графики зависимостей себестоимости содержания сухогрузных теплоходов от их грузоподъемности:

a – себестоимость судо-суток на ходу и стоянке $C'_{\text{сут}}$;
б – себестоимость тоннаже-суток на ходу и стоянке

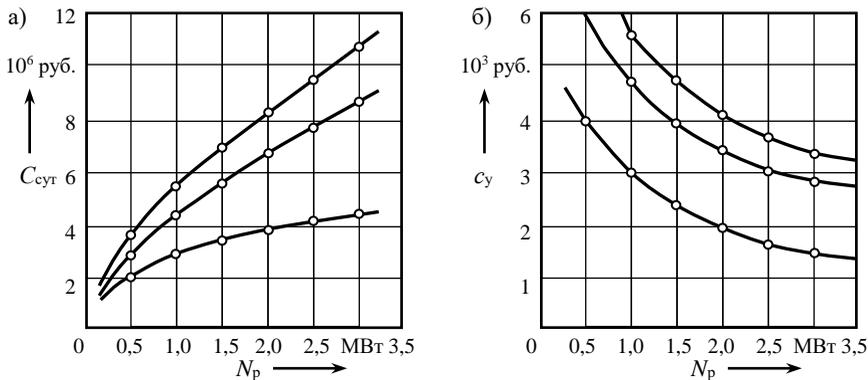


Рисунок 2.17 – Графики зависимостей себестоимости содержания толкачей от их мощности:

a – себестоимость судо-суток на ходу, маневрах и стоянке $C_{сут}$;

b – себестоимость киловатт-суток на ходу и стоянке

Анализируя представленные на рисунках 2.16 и 2.17 графики можно сделать вывод об экономической целесообразности эксплуатации крупнотоннажного грузового флота и мощных буксиров-толкачей.

Если в эксплуатационных расходах транспортного судна выделить основные группы затрат (оплата труда экипажа, топливо и смазочные материалы, амортизационные отчисления и ремонт), то зависимости судочасовых показателей по этим группам от эксплуатационных характеристик судна будут иметь вид, представленный на рисунке 2.18.

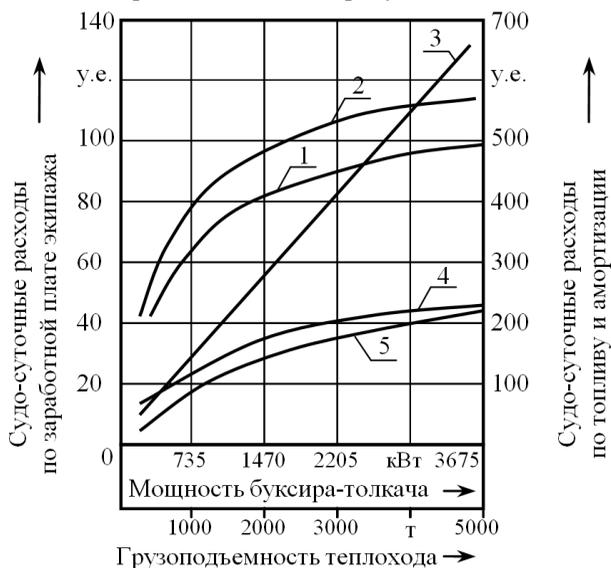


Рисунок 2.18 – График зависимости судочасовых расходов по группам затрат от мощности толкачей и грузоподъемности теплоходов:

- 1, 2 – по заработной плате на толкачах и грузовых теплоходах; 3 – по топливу на толкачах;
4, 5 – на амортизацию и текущий ремонт на толкачах и грузовых теплоходах

Анализируя графики (см. рисунок 2.18) можно сделать вывод о том, что с ростом грузоподъемности теплоходов снижается удельный вес расходов по оплате труда экипажа, но одновременно возрастает удельный вес расходов по топливу и амортизации; с ростом мощности буксиров-толкачей снижается удельный вес всех затрат кроме расходов по топливу.

Данные структурные изменения стоимости содержания судов определяют тот факт, что для большегрузных и мощных судов их непроизводительные простои, а особенно порожние пробеги, приносят максимальные потери экономической эффективности по сравнению с судами меньшей грузоподъемности и мощности.

Себестоимость содержания в эксплуатации самоходных грузовых судов в зависимости от их грузоподъемности изменяется аналогично грузовым теплоходам и в значительной мере определяется их эксплуатацией без команд. В данном случае себестоимость их содержания оказывается ниже на 30 % – для судов с грузоподъемностью более 2000 т и на 70 % – для судов с меньшей грузоподъемностью.

Численность экипажа транспортного судна, как его экономическая характеристика, непосредственно влияет на один из важнейших экономических показателей работы транспортного флота – производительность труда, причем влияет обратно пропорционально. Поэтому при строительстве и проектировании новых судов рассматриваются возможности сокращения численности их экипажей, однако увеличение эксплуатационных характеристик с целью повышения экономической эффективности перевозок водным транспортом, неизбежно приводит к росту численности обслуживающего персонала. Основным фактором, ограничивающим снижение данной экономической характеристики судна, является обеспечение достаточного уровня безопасности судоходства.

3 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ РЕЧНОГО ФЛОТА

3.1 Характеристика транспортного процесса

Продукция любой отрасли промышленности и сельскохозяйственного производства только тогда готова к потреблению, когда она доставлена потребителю.

Доставку продукции от производителя к потребителю осуществляет транспорт, который продолжает процесс производства продукции, но в сфере обращения – на этапе доставки ее потребителю. Если продукция потребителю не доставлена, это равнозначно тому, что она не произведена, так как потребность в ней не может быть удовлетворена.

Транспорт перевозит не только готовую продукцию, но также сырье, топливо, полуфабрикаты, обеспечивая тем самым производственные связи между заводами, территориями, отраслями экономики, странами, и выполняя важнейшую логистическую функцию.

Продукцией транспорта является само перемещение товаров. Естественно, что в процессе перемещения не создаются новые товары, новая потребительная стоимость, что определяет главную особенность транспорта как отрасли материального производства: его продукция не вещественна по форме, но материальна по характеру.

Материальный характер продукции транспорта заключается в изменении их потребительной стоимости. При этом изменяется и стоимость товаров, прошедших сферу транспортного производства, которая увеличивается пропорционально затратам на их перемещение и организацию этого перемещения (рисунок 3.1).

В условиях современного рынка для конкретного его субъекта (фирмы, предприятия, физического лица) огромное значение имеет обеспечение конкурентоспособности своей продукции. После того, как продукт покидает цех предприятия он поступает в сферу обмена, где превращается в товар. Данное поступление обеспечивается операцией, называемой *доставкой*. Следовательно, для повышения конкурентоспособности товара на рынке требуется свести к минимуму суммарные издержки на его производство и повысить эффективность процесса доставки.

В настоящее время технологии производства товара (оптимизируемые по минимуму себестоимости и приведенных затрат на производство) у

3.1 Характеристика транспортного процесса

различных производителей, как правило, схожи и не дают существенного отрыва в конкурентоспособности, либо являются очень капиталоемкими. В этих условиях наибольшую значимость для обеспечения конкурентоспособности приобретает выявление резерва ресурсов (материалов, времени, подвижных единиц, информационных ресурсов) в процессе доставки товара, основным элементом которой является транспортный процесс.

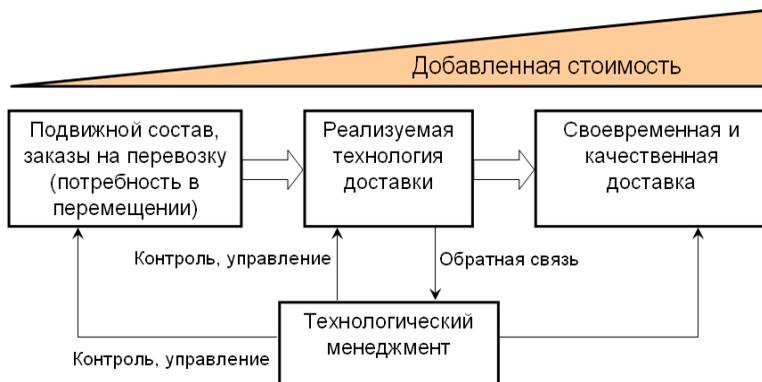


Рисунок 3.1 – Укрупненная технологическая схема доставки товара

Таким образом, транспорт влияет на формирование стоимости продукции отраслей производства, а следовательно, на конкурентоспособность, и это влияние бывает весьма существенным. Так, доля транспортных расходов в стоимости тонны нефти составляет около 30 %, тонны лесоматериалов – 23 %, угля – 18 %, соли – до 60 %, продукции земледелия (зерна, картофеля, овощей) – 20 %. Для Республики Беларусь, экономика которой является экспортно-ориентированной, обеспечение конкурентоспособности экспортируемой продукции является одной из первостепенных макрологистических задач.

По вышеуказанным цифрам можно сделать вывод о целесообразности сокращения расходов на транспортную продукцию с целью повышения конкурентоспособности товаров. Разумеется, это сокращение должно достигаться не путем отказа от доли перевозок, а путем рационального распределения перевозок между отдельными видами транспорта, внедрения передовых методов труда и эксплуатации подвижного состава, совершенствования транспортного процесса и экономии времени на каждой

транспортной операции, что достигается посредством эффективной организации транспортного процесса.

3.2 Классификация перевозок грузов и пассажиров

Эффективная организация перевозочного процесса на речном транспорте и управление работой транспортного флота требует наличия четкой системы классификации. На водном транспорте перевозки классифицируют по следующим основным признакам: по составу, направлению, технике движения, роду перевозимого груза, району плавания, району обслуживания, виду обслуживания пассажиров, скорости движения флота.

По составу перевозки классифицируются на грузовые и пассажирские. Пассажирские перевозки осуществляются в специализированных самоходных пассажирских и грузопассажирских судах, грузовые перевозки – в грузовых самоходных, несамоходных судах или в плотках, определяя тем самым следующий признак классификации – *по технике движения*.

Классификация перевозок грузов и пассажиров *по направлениям* является весьма условной, однако как правило, за прямое направление принимается наиболее загруженное, поэтому, данное направление иногда называют грузным направлением перевозок.

Особое значение для организации перевозочного процесса имеет род перевозимого груза. *По роду перевозимого груза* перевозки разделяются на наливные и сухие. К наливным перевозкам относятся перевозки жидких грузов, перевозимые в специализированном подвижном составе, к сухим – все остальные грузовые перевозки.

Сухие грузы (сухогрузы), в свою очередь, разделяются на насыпные и штучные. Последняя группа грузов включает в себя широкую их номенклатуру. Каждый вид такого груза обладает характеристиками, оказывающими непосредственное влияние на технологию работы речного транспорта и на эффективность организации работы транспортного флота: размер места, масса и форма отдельных грузовых единиц, вид тары, упаковка и т. д.

Широкое распространение на водном транспорте получили перевозки грузов в контейнерах и в пакетах. Пакетный способ транспортировки применяется для перевозок различных штучных грузов: лесоматериалов, пиломатериалов, асбестоцементных и металлических труб, металлов, мешковых и ящичных грузов и прочих (рисунок 3.2). Главные составляющие эффективности таких перевозок – сокращение временных и эксплуатационных затрат вследствие укрупнения грузовых мест и использования унифицированной тары, а также повышение сохранности грузов.

При осуществлении судоходства выделяют два способа вождения несамоходных судов: буксировка и толкание. При *буксировке* самоходное судно перемещает за собой на тросе состав из одной или нескольких несамоходных судов, сцепленных определенным образом. При *толкании*

несамоходные суда формируют в жесткий или изгибаемый состав, который размещается перед самоходным судном, приводящим его в движение.

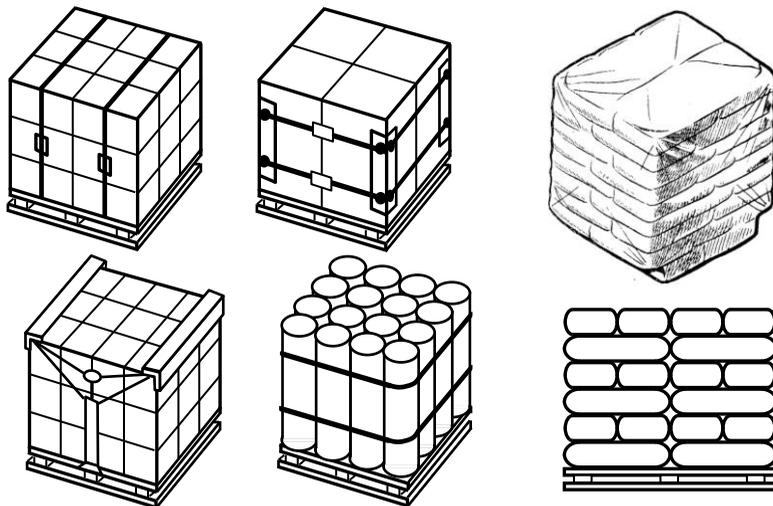


Рисунок 3.2 – Схемы грузовых пакетов

Классификация перевозок *по району плавания* требуется для правильного соотношения разряда водных путей и класса судов, используемых для судоходства. В соответствии с данным признаком, по аналогии с классификацией судов по классу, выделяют перевозки: речные, озерные, морские и прибрежно-морские.

По району обслуживания грузовые перевозки классифицируют на местные и транзитные. Транзитными называются перевозки на значительные расстояния внутри одного пароходства или в пределах нескольких смежных пароходств, местными – перевозки в зоне деятельности одного порта и выполняются флотом, приписанным к данному порту, или арендованным у других судовладельцев.

Пассажи́рские транспортные перевозки по данному признаку, помимо местных и транзитных, классифицируются на пригородные (перевозки пассажиров между крупными населенными пунктами) и внутригородские (в границах крупных воднотранспортных узлов).

Особенность пассажирских перевозок, накладывает специфику и на их классификацию. Помимо перечисленных признаков пассажирские перевозки *по виду обслуживания* делятся на транспортные, туристские и экскурсионные, а *по скорости движения флота* – экспрессные, скорые, скоростные и пассажирские. Экспрессные и скорые перевозки предполагают высокую скорость перевозки и высококомфортабельные

условия поездки, скоростные перевозки обслуживаются судами со средней скоростью движения свыше 30 км/ч, к пассажирским относятся прочие перевозки.

3.3 Показатели перевозок грузов и пассажиров

Эксплуатационная работа судоходных компаний включает их основную деятельность по перевозкам грузов, пассажиров и по эффективному использованию в этих целях различных транспортных средств.

Эксплуатационная работа характеризуется целым комплексом показателей, посредством которых представители эксплуатационного аппарата могут осуществлять анализ качества ее выполнения, контролировать и регулировать отдельные ее аспекты, планировать и организовывать мероприятия по ее совершенствованию – то есть осуществлять эффективное управление эксплуатационной работой.

Основными показателями перевозок пассажиров и грузов речным транспортом являются: масса грузов и численность пассажиров, перевезенных за определенное время; грузооборот или пассажирооборот; дальность перевозки груза или поездки пассажира; густота перевозок грузов и пассажиров; коэффициенты неравномерности перевозок грузов или поездок пассажиров по времени и направлениям.

Размер перевозок

$$G = \sum_{i=1}^m G_i, \quad (3.1)$$

где G_i – размер i -го *грузового потока* (грузопоток), т.е. масса однородного груза (груза одного наименования), характеризуемая одним пунктом отправления и одним пунктом назначения, т.

Численность перевезенных пассажиров

$$Y = \sum_{i=1}^m Y_i, \quad (3.2)$$

где Y_i – i -й *пассажирский поток* (пассажиропоток) – численность пассажиров, перевозимых из одного пункта отправления в другой пункт (пункт назначения) в течение определенного периода навигации, пассажиров.

Масса перевозимых грузов и численность пассажиров не полностью характеризуют работу транспорта на перевозках. Так, если известно, что судоходная компания за навигацию осваивает грузопотоки общей массой 3 млн т, то эта цифра не дает полного представления об интенсивности работы флота на перевозках, так как грузы в таком количестве могут перевозиться как на значительные расстояния, например, в экспортно-импортном сообщении, так и на 5–7 км, например, при добыче строительных материалов из русла реки и доставке их до порта. Естественно, что размеры грузовой работы и прочие показатели эксплуатационной деятельности в этих двух случаях будут принципиально отличаться. В этой связи на транспорте широкое распространение получили показатели транспортной работы: грузооборот и пассажирооборот.

Грузооборот

$$A = \sum_{i=1}^m G l_{r_i}, \quad (3.3)$$

где l_{r_i} – дальность перевозки i -го груза, км.

Пассажирооборот

$$A_{\text{пас}} = \sum_{i=1}^m Y_i l_{\text{пас } i}, \quad (3.4)$$

где $l_{\text{пас } i}$ – дальность поездки пассажира, км.

Грузооборот и пассажирооборот характеризуют транспортную работу флота, однако они не являются продукцией транспорта. Продукцией транспорта является перемещение грузов и пассажиров от пунктов отправления до пунктов назначения. По грузообороту и пассажирообороту можно оценить трудовые и материальные затраты на транспортную работу для конкретных условий перевозок грузов или пассажиров.

Для оценки работы водного транспорта используются и такие производные показатели как *средние дальности перевозки грузов* – \bar{l}_r , *пассажиров* – $\bar{l}_{\text{пас}}$, *средняя густота* или интенсивность перевозок на участке – $\bar{И}$:

$$\bar{l}_r = \frac{A}{G}, \quad (3.5)$$

$$\bar{l}_{\text{пас}} = \frac{A_{\text{пас}}}{Y}, \quad (3.6)$$

$$\bar{И} = \frac{A}{l_{\text{уч}}}, \quad (3.7)$$

где $l_{\text{уч}}$ – протяженность участка водного пути, км.

Густота перевозок характеризует напряженность грузовых перевозок на данном участке и интенсивность использования водного пути по транспортной деятельности, показывая какое в среднем количество транспортной работы (грузооборота) приходится на 1 км водного пути.

Перевозки речным транспортом осуществляются в течение навигационного периода, однако их интенсивность по отдельным периодам навигации может варьироваться в широких пределах, что связано со спецификой эксплуатации водных путей (в паводок суда могут быть загружены более эффективно), предъявления грузов к перевозке (некоторые грузы предъявляются в определенные периоды навигации, например, зерновые) и прочими причинами. На рисунке 3.3 показана гистограмма

распределения перевозок речным транспортом по месяцам, на котором отмечен среднемесячный уровень размеров перевозок.

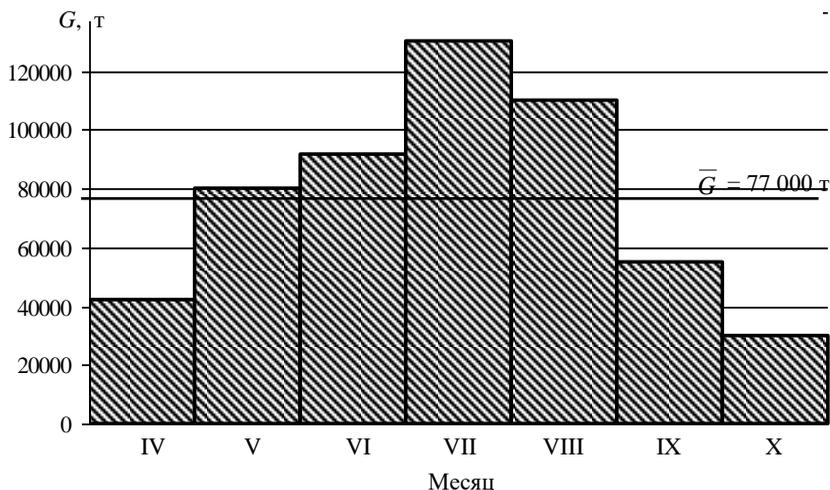


Рисунок 3.3 – Гистограмма распределения перевозок по месяцам навигационного периода

Как видно из рисунка 3.3, если перевозочный процесс организовать по среднемесячным данным, то в период с мая по август будет наблюдаться избыток ресурсов, а в апреле, сентябре и октябре – наоборот, недостаток.

Оценить неравномерность перевозок можно посредством коэффициентов, которые учитываются при организации работы флота с целью учета этой неравномерности и снижения ее негативных последствий.

Коэффициент неравномерности перевозок грузов по времени

$$\rho_r' = \frac{G_{\max}}{\bar{G}}, \quad (3.8)$$

где G_{\max} – масса перевозимых грузов в наиболее напряженный месяц навигации, т;

\bar{G} – среднемесячный размер перевозок, т.

Для пассажирских перевозок применяется аналогичная формула.

Таким образом, коэффициент неравномерности перевозок грузов по времени показывает превышение их в наиболее напряженный месяц навигации над среднемесячным уровнем перевозок, то есть в конечном счете характеризует неравномерность транспортного процесса и величину

необходимого для покрытия этой неравномерности резерва провозной способности флота и потребности в нем.

При планировании различных категорий пассажирских перевозок иногда требуется рассчитывать суточные и часовые коэффициенты неравномерности по формулам идентичным формуле (3.8):

$$\rho'_{\text{пас}} = \frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{сут}}}, \quad (3.9)$$

где Y_{max} – расчетный суточный пассажиропоток в наиболее напряженные сутки наиболее напряженного месяца навигации, пассажиров;

$\overline{Y}_{\text{сут}}$ – среднесуточный пассажиропоток, пассажиров.

Коэффициент неравномерности перевозок грузов по направлениям

$$\rho''_{\text{г}} = \frac{A_{\text{обр}}}{A_{\text{пр}}}, \quad (3.10)$$

где $A_{\text{пр}}$, $A_{\text{обр}}$ – грузооборот в прямом (наиболее загруженном) и обратном (менее загруженным) направлении, соответственно, т·км.

Данный коэффициент показывает, насколько по сравнению с прямым направлением загружено обратное направление, поэтому он еще называется коэффициентом загрузки обратного направления. При $\rho''_{\text{г}} = 1$ весь тоннаж в обратном направлении будет возвращаться полностью загруженным, и, наоборот, при $\rho''_{\text{г}} = 0$ – весь тоннаж возвращается в порожнем состоянии.

Свою основную задачу система вышеперечисленных показателей реализует при сравнении их значений по различным судоходным компаниям, участкам пути, периодам навигации, что реализовано в следующем примере.

Пример. Требуется рассчитать и сравнить значения основных показателей перевозок грузов по двум судоходным компаниям. Данные о перевозках сведены в таблицы 3.1 и 3.2, протяженность водных путей, эксплуатируемых судоходными компаниями, – 800 км.

Таблица 3.1 – Размеры и расстояния перевозок грузов по судоходным компаниям

Направление движения относительно течения	Род груза	G, тыс. т	l, км	Направление движения относительно течения	Род груза	G, тыс. т	l, км
<i>Судоходная компания А</i>				Вверх	Сера	80	200
Вниз	Колчедан медный	300	800	То же	Щебень	350	500
То же	Соль	180	600	Вниз	Мука	240	600
"	Лесоматериалы	200	500	То же	Уголь	140	100
"	Камень бутовый	500	300	<i>Судоходная компания Б</i>			
"	Пиломатериалы	200	300	Вверх	Песок	600	14
"	Зерно	300	200	То же	Кирпич	150	200
"	Шлак	100	100	"	Нефтепродукты	200	500

"	Удобрения	200	110
Вниз	Песок	420	10
То же	Лесоматериалы	400	200
"	Железо листовое	350	450

Таблица 3.2 – Данные о календарном распределении перевозок

В тыс. т

Род груза	Размер перевозок по месяцам навигации						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
<i>Судоходная компания А</i>							
Колчедан медный	25	70	55	85	20	25	20
Соль	40	40	40	50	10	0	0
Лесоматериалы	50	30	80	10	10	0	20
Камень бутовый	10	10	100	150	100	100	30
Пиломатериалы	50	0	50	0	0	50	50
Зерно	0	0	0	10	150	120	20
Шлак	50	0	0	0	50	0	0
Сера	0	80	0	0	0	0	0
Щебень	50	75	75	50	30	40	30
Мука	20	20	30	40	50	50	30
Уголь	0	20	5	20	80	5	10
Всего	295	345	435	415	500	390	210
<i>Судоходная компания Б</i>							
Песок	50	75	100	100	100	100	75
Кирпич	10	20	30	30	30	10	20
Нефтепродукты	20	50	50	10	50	10	10
Удобрения	60	20	10	20	20	60	10
Песок	50	50	100	100	50	50	20
Лесоматериалы	70	0	20	100	100	100	10
Железо листовое	20	120	70	50	50	20	20
Всего	280	335	380	410	400	350	165

Решение.

По формулам (3.1)–(3.10) рассчитываются основные показатели перевозок для двух судоходных компаний.

Для судоходной компании А:

$$G = 300 \cdot 10^3 + 180 \cdot 10^3 + 200 \cdot 10^3 + 500 \cdot 10^3 + 200 \cdot 10^3 + 300 \cdot 10^3 + \\ + 100 \cdot 10^3 + 80 \cdot 10^3 + 350 \cdot 10^3 + 240 \cdot 10^3 + 140 \cdot 10^3 = 2\,590 \text{ тыс. т};$$

$$A = (300 \cdot 800 + 180 \cdot 600 + 200 \cdot 500 + 500 \cdot 300 + 200 \cdot 300 + 300 \cdot 200 + \\ + 100 \cdot 100 + 80 \cdot 200 + 350 \cdot 500 + 240 \cdot 600 + 140 \cdot 100) \cdot 10^3 = 1\,077 \text{ млн т} \cdot \text{км};$$

$$\bar{l}_r = \frac{1077 \cdot 10^6}{2590 \cdot 10^3} = 416 \text{ км};$$

$$\bar{I}_r = \frac{1077 \cdot 10^6}{800} = 1,346 \text{ млн т} \cdot \text{км/км};$$

$$\bar{G} = \frac{1}{7} \sum_{i=4}^{10} G_i = \frac{(295 + 345 + 435 + 415 + 50 + 390 + 210) \cdot 10^3}{7} = 370 \text{ тыс. т};$$

$$\rho'_r = \frac{G_{\text{max}}}{G} = \frac{500 \cdot 10^3}{370 \cdot 10^3} = 1,35;$$

$$\rho''_r = \frac{A_{\text{обп}}}{A_{\text{ип}}} =$$

$$= \frac{(80 \cdot 200 + 350 \cdot 500 + 240 \cdot 600 + 140 \cdot 100) \cdot 10^3}{(300 \cdot 800 + 180 \cdot 600 + 200 \cdot 500 + 500 \cdot 300 + 200 \cdot 300 + 300 \cdot 200 + 100 \cdot 100) \cdot 10^3} =$$

$$= \frac{349 \cdot 10^6}{728 \cdot 10^6} = 0,479.$$

Для судоходной компании Б:

$$G = 600 \cdot 10^3 + 150 \cdot 10^3 + 200 \cdot 10^3 + 200 \cdot 10^3 + 420 \cdot 10^3 + 400 \cdot 10^3 +$$

$$+ 350 \cdot 10^3 = 2\,320 \text{ тыс. т};$$

$$A = (600 \cdot 14 + 150 \cdot 200 + 200 \cdot 500 + 200 \cdot 110 + 420 \cdot 10 + 400 \cdot 200 +$$

$$+ 350 \cdot 450) \cdot 10^3 = 402,1 \text{ млн т} \cdot \text{км};$$

$$\bar{I}_r = \frac{402,1 \cdot 10^6}{2320 \cdot 10^3} = 173,3 \text{ км};$$

$$\bar{I}_r = \frac{402,1 \cdot 10^6}{800} = 0,50 \text{ млн т} \cdot \text{км/км};$$

$$\bar{G} = \frac{1}{7} \sum_{i=4}^{10} G_i = \frac{(280 + 335 + 380 + 410 + 400 + 350 + 165) \cdot 10^3}{7} = 331,4 \text{ тыс. т};$$

$$\rho'_r = \frac{G_{\text{max}}}{G} = \frac{410 \cdot 10^3}{331,4 \cdot 10^3} = 1,24;$$

$$\rho''_r = \frac{A_{\text{обп}}}{A_{\text{ип}}} =$$

$$= \frac{(600 \cdot 14 + 150 \cdot 200 + 200 \cdot 500 + 200 \cdot 110) \cdot 10^3}{(420 \cdot 10 + 400 \cdot 200 + 350 \cdot 450) \cdot 10^3} = \frac{160,4 \cdot 10^6}{241,7 \cdot 10^6} = 0,664.$$

Для наглядности, результаты расчетов показателей сведены в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты расчетов основных показателей перевозок

Наименование показателя	Значение показателя по судоходной компании
-------------------------	--

		А	Б
Размер перевозок, тыс. т		2590	2320
Грузооборот, млн т·км		1077,0	402,1
Среднее расстояние перевозки, км		416,0	173,3
Средняя плотность перевозок, млн т·км/км		1,346	0,500
Коэффициент неравномерности	по времени	1,35	1,24
	по направлениям	0,479	0,664

Сравнив полученные значения основных показателей перевозок грузов по двум судоходным компаниям можно сделать вывод о том, что несмотря на примерно одинаковый размер перевозок, флот судоходной компании А выполнил более чем в 2 раза больше транспортной работы. Данный факт объясняется тем, что перевозки флотом компании Б осуществлялись на гораздо меньшее расстояние. Интенсивность перевозок на эксплуатируемых компаниями участках водного пути, протяженность которых по условию задачи принята одинаковой, выше у судоходной компании А, в том же соотношении, что и грузооборот. Неравномерность перевозок компании Б по времени ниже, чем у компании А, а по направлениям – наоборот, что позитивно сказывается на системе организации перевозочного процесса.

3.4 Формы изображения грузовых и пассажирских потоков

Рассмотренные показатели перевозок грузов и пассажиров дают количественную их характеристику, но они не обеспечивают достаточной наглядности. Для наглядного представления грузовых и пассажирских потоков существуют различные формы их изображения:

- корреспонденция перевозок грузов;
- дислокация грузовых и пассажирских потоков;
- таблица грузопотоков («шахматка»);
- картограмма грузовых и пассажирских потоков;
- диаграмма календарного распределения перевозок;
- графики динамических кривых изменения показателей;
- круговые и секторные диаграммы структуры перевозок и др.

Корреспонденцию грузовых потоков представляют в табличной форме, например, как показано в таблице 3.4, где указываются для каждого грузопотока наименование пунктов отправления и назначения, род перевозимого груза, расстояние перевозки, размер перевозок и грузооборот.

Таблица 3.4 – Корреспонденция грузовых потоков

Порт		Род груза	G, тыс. т	l, км	A, т·км
отправления	назначения				
Д	А	Колчедан медный	300	800	240 000 000
Д	Б	Соль	180	600	108 000 000
Д	В	Лесоматериалы	200	500	100 000 000
Г	Б	Камень бутовый	500	300	150 000 000
Г	Б	Пиломатериалы	200	300	60 000 000

Г	В	Зерно	300	200	60 000 000
А	Б	Сера	80	200	16 000 000
А	Г	Щебень	350	500	175 000 000
Б	Д	Мука	240	600	144 000 000
Б	В	Уголь	140	100	14 000 000
В	Б	Шлак	100	100	10 000 000
Всего			2 590	—	1 077 000 000

Корреспонденция грузовых потоков является наиболее распространенной формой их представления. Несмотря на то, что она не обладает особой наглядностью, у корреспонденции есть ряд преимуществ, выраженных, прежде всего, в независимости от привязки грузовых потоков к портам назначения и отправления, которые могут находиться на значительном расстоянии друг от друга. Данный факт определяет эффективность применения данной формы представления грузопотоков при широкой их номенклатуре, значительном разбросе величины их размеров и при разобщенности пунктов отправления и назначения, например, при нахождении их на разных водных путях.

Для большей наглядности, на основании корреспонденции грузопотоков строится их дислокация (схема грузовых потоков) на рассматриваемом участке. *Дислокация* – это график (рисунок 3.4), на котором на оси абсцисс схематически изображается участок водного пути с указанием пунктов отправления и назначения грузов, с учетом расстояния между пунктами, а по оси ординат – размер грузопотока G_i .

При построении дислокации грузопотоков обязательно соблюдение следующих правил.

Правило 1. Участок реки изображают в виде двух параллельных линий по горизонтали (лента реки) независимо от географической ориентации реки относительно сторон света. Направление течения реки принимают слева направо. В принятом масштабе расстояний в соответствии с географической последовательностью на ленту реки наносят все корреспондирующие пункты, то есть пункты отправления и назначения грузов.

Правило 2. Грузовые потоки в соответствии с принятым по вертикали масштабам располагают по правой стороне движения, то есть грузопотоки, следующие вверх (против течения реки) изображают над лентой реки (вверху), а следующие вниз (по течению) – под лентой реки (внизу). В процессе построения дислокации в каждом пункте участка по оси ординат откладывают значения соответствующего размера перевозок груза, отправляемого из данного пункта.

Правило 3. Построение дислокации начинают с грузового потока, имеющего наибольшую дальность перевозки, группируя все потоки по родам грузов и пунктам отправления. Если грузовые потоки следуют в одном направлении, то их накладывают один на другой, то есть суммируют, в результате чего ордината на каждом участке показывает общий объем отправленного груза и густоту перевозок. Так как по оси абсцисс откладывают расстояние перевозки, площадь полученной фигуры с учетом

масштабов по горизонтали и вертикали характеризует грузооборот в целом по участку, отдельно по направлениям перевозки и родам груза.

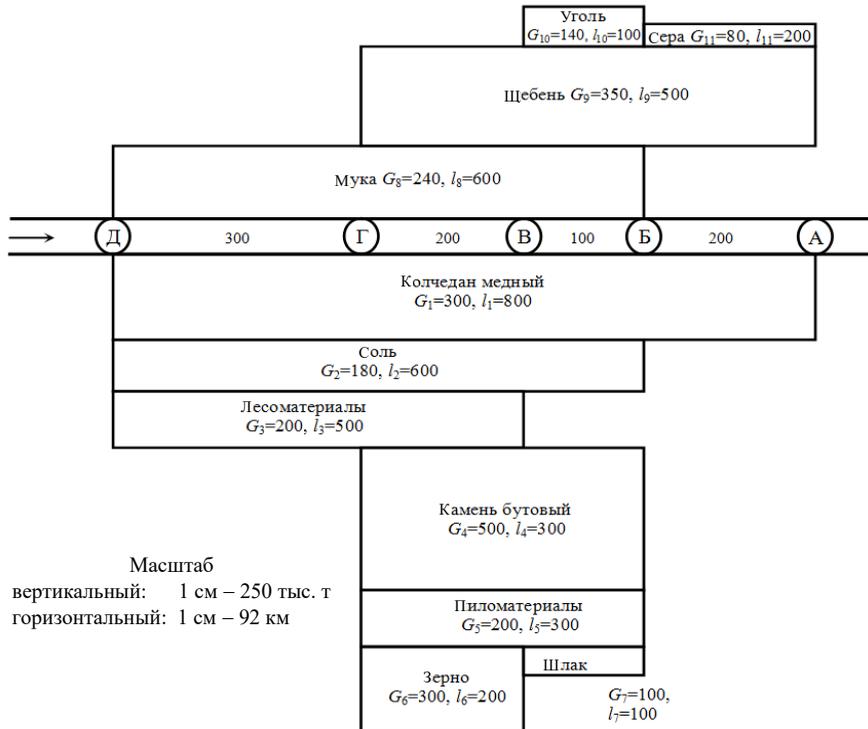


Рисунок 3.4 – Дислокация грузовых потоков

Дислокация грузовых потоков для разветвленных водных путей строится аналогично (рисунок 3.5), т.е. с соблюдением равенства площадей размерам грузооборота на главных реках и их притоках.

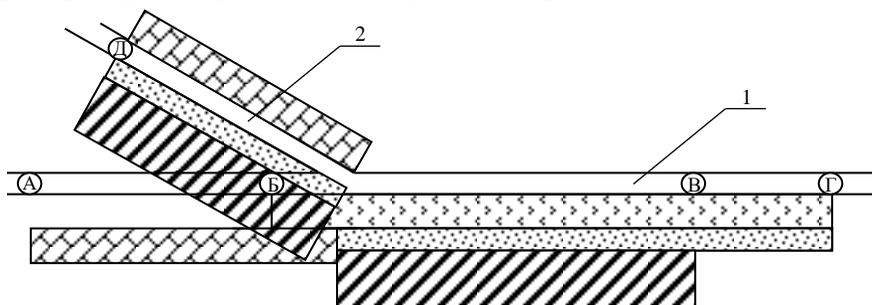


Рисунок 3.5 – Дислокация грузовых потоков на главной реке и притоках:

1 – главная река; 2 – приток первого порядка; 3 – приток второго порядка

Таким образом, дислокация грузовых потоков наглядно показывает размер перевозок из каждого пункта водного пути и, соответственно, в каждый его пункт, густоту перевозок на каждом участке водного пути, а площадь фигуры с учетом масштаба характеризует грузооборот по направлениям и в целом по участку.

Если информацию о грузовых потоках представить в виде дислокации оказывается затруднительно, что особенно актуально для пароходств со значительными размерами перевозок и широкой номенклатурой грузов, применяется другая форма изображения грузопотоков – *таблица грузопотоков* (таблица 3.5), в которой указывают: пункты отправления и назначения, массу перевозимого груза, отправленного из каждого пункта отдельно, по пунктам назначения и в целом, массу груза, прибывающего в каждый пункт назначения, распределение грузовых потоков по направлениям, а также густоту перевозок на отдельных участках и среднюю на всем участке водного пути.

Таблица 3.5 – Таблица грузопотоков

Порт отправления	Порт назначения					Масса отправленного груза, тыс. т·км		Густота перевозок, тыс. т /км (тыс. т·км/км)	
	А	Б	В	Г	Д	Вверх	Вниз	Вверх	Вниз
А		80	—	350	—	430	—		
Б	—		140	—	240	380	—	430	300
В	—	100		—	—	—	100	730	1280
Г	—	700	300		—	—	1000	590	1680
Д	300	180	200	—		—	680	240	680
Всего прибывло, тыс. т	Сверху	300	980	500	—	—	1780	(436,25)	(910,00)
	Снизу	—	80	140	350	240	810		

В таблице грузопотоков пункты отправления и назначения располагают последовательно, против течения реки, начиная с нижнего, корреспондирующего пункта. При этом пункты отправления располагают по вертикали, пункты назначения – по горизонтали. При выполнении этих требований таблица принимает такую форму, когда в ее правой части (выше

диагонали) располагаются грузопотоки, следующие вверх (против течения реки), в левой части (ниже диагонали) – грузопотоки, следующие вниз (по течению реки).

В поле, находящемся на пересечении горизонтальной строки (например, порт Д) и вертикального столбца (например, порт А), заносится масса груза, отправляемого из порта Д в порт А (300 тыс. т). Если из какого-либо порта (например, порта В) в какой-нибудь из портов (например, в порт Г) грузы не отправляются, то в соответствующем поле ставится прочерк, соответствующий нулевому размеру перевозок.

Обработка данных шахматной таблицы заключается в подсчете суммарных величин: всего отправлено по каждому пункту отправления по всем пунктам расчетного участка $\sum G_{\text{отпр}}$, отдельно вниз и вверх по течению; всего прибыло – по каждому пункту назначения, по всем пунктам расчетного участка $\sum G_{\text{приб}}$; густота перевозок между каждыми двумя смежными пунктами и средняя на расчетном участке – по направлениям отдельно.

Так, например, густота перевозок вверх (против течения) на i -м участке

$$I_{\Gamma i}^{\text{вв}} = I_{\Gamma i-1}^{\text{вв}} - \sum_{j=1}^{i-1} G_{\text{приб } j}^{\text{сн}} + \sum_{j=i+1}^m G_{\text{отпр } j}^{\text{вв}}, \quad (3.11)$$

где $I_{\Gamma i-1}^{\text{вв}}$ – густота перевозок на предыдущем ниже расположенном участке, т/км;

$\sum_{j=1}^{i-1} G_{\text{приб } j}^{\text{сн}}$ – масса грузов, прибывших снизу в нижний пункт расчетного участка со всех пунктов, расположенных ниже него, т;

$\sum_{j=i+1}^m G_{\text{отпр } j}^{\text{вв}}$ – масса грузов, отправленных вверх во все пункты, расположенные выше расчетного участка, для которого определяется густота перевозок, т.

Густота перевозок вниз на i -м участке рассчитывается по аналогии, начиная с верхнего участка водного пути:

$$I_{\Gamma i}^{\text{вн}} = I_{\Gamma i-1}^{\text{вн}} - \sum_{j=1}^{i-1} G_{\text{приб } j}^{\text{св}} + \sum_{j=i+1}^m G_{\text{отпр } j}^{\text{вн}}, \quad (3.12)$$

где $I_{\Gamma i-1}^{\text{вн}}$ – густота перевозок на предыдущем выше расположенном участке, т/км;

$\sum_{j=1}^{i-1} G_{\text{приб } j}^{\text{св}}$ – масса грузов, прибывших сверху в верхний пункт расчетного участка со всех пунктов, расположенных выше него, т;

$\sum_{j=i+1}^m G_{\text{отпр } j}^{\text{вн}}$ – масса грузов, отправленных вниз во все пункты, расположенные ниже расчетного участка, для которого определяется густота перевозок, т.

Полученные значения густоты перевозок соответствуют сумме высот прямоугольников, соответствующих грузопотокам, отправляемым в исследуемом направлении и усеченным по рассматриваемому участку водного пути, при представлении их в виде дислокации (см. рисунок 3.4).

Правильность заполнения таблицы грузопотоков можно проверить следующим образом:

- масса грузов, отправленных вниз, должна быть равна общей массе грузов, пребывающих сверху;
- масса грузов, отправленных вверх, должна быть равна общей массе грузов, прибывающих снизу;
- густота перевозок вверх на последнем (самом нижнем) участке должна быть равна массе грузов, отправленных вверх из самого нижнего порта;
- густота перевозок вниз на верхнем участке водного пути должна быть равна массе грузов, отправленных вниз из верхнего порта участка водного пути.

Для большей географической наглядности перевозок строится *картограмма*. Правила и принцип ее построения идентичен правилам построения дислокации грузопотоков, но особенностью является то, что вместо условной ленты реки используется географическая конфигурация водного пути (рисунок 3.6).

Условные обозначения:



Рисунок 3.6 – Картограмма потенциальных экспортно-импортных грузопотоков Республики Беларусь, осваиваемых с участием речного транспорта

Круговая или секторная диаграмма изображается с целью наглядного представления долевого распределения перевозок (рисунок 3.7), а для представления динамики изменения показателей применяются динамические кривые (рисунок 3.8).



Рисунок 3.7 – Секторная диаграмма

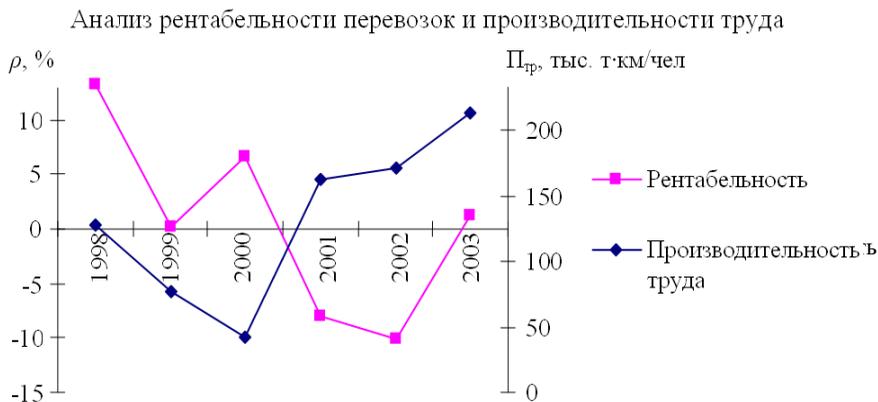


Рисунок 3.8 – Динамические кривые изменения показателей работы речного транспорта

Диаграмма календарного распределения перевозок грузов показана на рисунке 3.9. Данная диаграмма наглядно показывает неравномерность

перевозок во времени, аналитически данная неравномерность характеризуется коэффициентом, рассчитываемым по формуле (3.8).

В данном подразделе учебного пособия приведены основные формы наглядного изображения перевозок и динамик изменения их показателей, естественно, что в зависимости от целей решаемой эксплуатационной задачи могут применяться и другие формы (рисунки 3.10, 3.11).

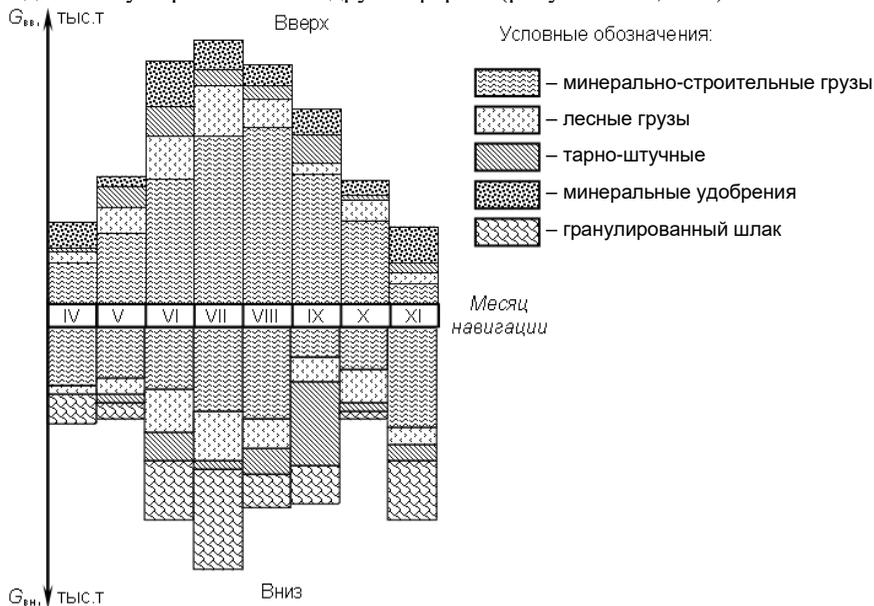


Рисунок 3.9 – Диаграмма календарного распределения перевозок

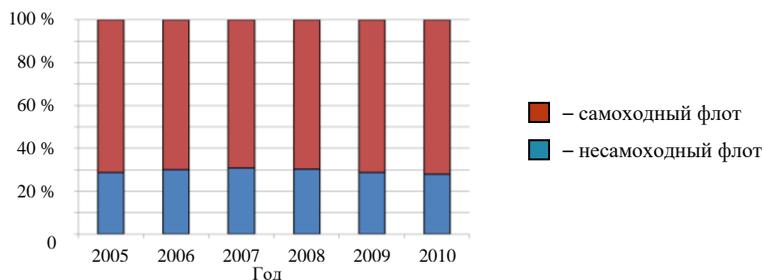
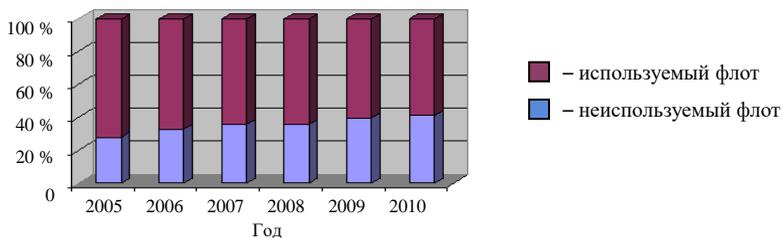


Рисунок 3.10 – Долевая диаграмма использования флота

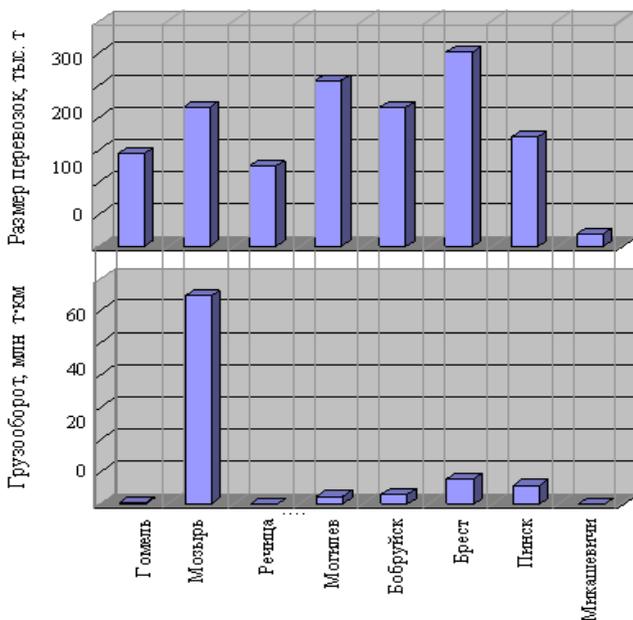


Рисунок 3.11 – Гистограмма показателей работы портов

Приведенные формы изображения грузовых потоков характерны и для изображения пассажирских потоков, как и правила их построения. Особенностью обладает лишь *дислокация пассажиропотоков*. В большинстве случаев, количество перевезенных пассажиров по направлениям различается незначительно, поэтому при планировании перевозок, как и при построении дислокации, размеры перевозок пассажиров вверх и вниз принимаются равными. По данной причине на дислокации пассажиропотоки имеют зеркальное отображение и, как правило, дислокация строится лишь в одном из направлений движения пассажирского флота.

3.5 Технологические процессы работы транспортного судна

Транспортный процесс, как и любой производственный процесс, является циклическим, включающим в себя определенный состав основных и вспомогательных операций, которые повторяются в каждом цикле. *Технологическим процессом работы транспортного судна* называют совокупность всех операций, последовательно выполняемых судном за время перевозки грузов или пассажиров. Грузовое судно в процессе

эксплуатации выполняет следующие операции: *ходовые* (с грузом или в порожнем состоянии), *грузовые* (загрузка, разгрузка, догрузка, *паузка* – частичная отгрузка), технические и технологические в пунктах грузовой обработки и в пути следования. Пассажирское судно вместо грузовых операций выполняет *пассажирские* операции, например, посадка и высадка пассажиров, выдача и прием багажа. Соответственно, грузопассажирское судно выполняет все вышеперечисленные операции.

Содержание ходовых и грузовых операций определено их названием. *Технические операции грузового судна* – это переходы, совершаемые по акватории порта от рейда к причалу, между причалами, к топливной базе, швартовка, снабжение топливом, продовольствием, навигационными материалами, ремонт и осмотр, сдача подсланевых вод и отхода, зачистка трюмов, подбуксировка и отбуксировка барж-приставок, формирование и расформирование составов и др. Следовательно, техническими называют вспомогательные, непроизводительные операции, но которые являются необходимой составной частью технологии работы водного транспорта.

Технологическими на водном транспорте принято называть операции ожидания причала, груза, тяговых средств (для несамходных судов), шлюзования, снабжения и проч. По своей сути – это непроизводительные операции, связанные с потерей рабочего времени, являющиеся, как правило, следствием стохастического характера транспортного процесса.

Примерный перечень операций обработки грузовых судов и транспортных буксиров-толкачей приведен в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Перечень технических и технологических операций транспортного флота

Место выполнения операции	Наименование операции, выполняемой с судном (с судами – для составов несамходных судов)		
	грузовым самходным	грузовым несамходным	буксирным
<i>Технические операции</i>			
Рейды прибытия и отправления	Постановка на якорь, снятие с якоря	Постановка на якорь, снятие с якоря	Постановка состава на рейде
	Технический осмотр судна	Технический осмотр судна	Технический осмотр судна
	Коммерческий осмотр судна и груза	Коммерческий осмотр судна и груза	Получение и передача транспортных документов
	Проверка грузовых документов	—	Проверка грузовых документов
	Подготовка судна к грузовой обработке	Подготовка судна к грузовой обработке	Работа с самходным флотом по

			формированию, расформированию и переформированию состава
--	--	--	--

Окончание таблицы 3.6

Место выполнения операции	Наименование операции, выполняемой с судном (с судами – для составов несамоходных судов)		
	грузовым самоходным	грузовым несамоходным	буксирным
	Поход и швартовка судна у причала	Учалка	Подход судна с составом к причалу
	Снабжение экипажа судна	Расчалка, формирование и переформирование состава	Снабжение экипажа судна
Акватория порта	Переход с одного причала на другой	Переход с одного причала на другой	Переход с одного причала на другой
	Переход с одного рейда на другой	Переход с одного рейда на другой	Переход с одного рейда на другой
Причалы комплексного обслуживания флота	Снабжение судна и экипажа	—	Снабжение судна и экипажа
<i>Технологические операции</i>			
Рейды прибытия и отправления	Ожидание грузовой обработки	Ожидание грузовой обработки	Ожидание несамоходного грузового судна
	Ожидание отправления	Ожидание несамоходных грузовых судов для формирования состава	Ожидание состава несамоходных судов
	Ожидание обслуживания	Ожидание буксира-толкача	Ожидание плота
Причалы комплексного обслуживания флота	Ожидание обслуживания	—	Ожидание обслуживания

Помимо перечисленных операций с судами выполняют еще и внереисовые операции, такие, например, как навигационное слипование и докование, некоторые виды ремонтов, модернизация и дооборудование судов, ввод судна в эксплуатацию и вывод из нее. Данные операции, как это понятно из названия, выполняются в межнавигационный период или между отдельными рейсами, а затраты на эти операции по отношению к транспортным операциям являются накладными. В этой связи в работе судна выделяют эксплуатационный и рабочий периоды. Эксплуатационный период включает время с момента приема судна весной в эксплуатацию до

момента вывода его из эксплуатации на зимний отстой, то есть в данный период включены внереисовые операции, выполняемые с судном. Рабочий период складывается из времени выполнения судном перевозочной работы. Естественно, что чем меньше эксплуатационный период судна отличается от рабочего, тем эффективнее использовалось данное судно на перевозках.

В работе транспортных судов различают три вида технологических процессов: рейс, круговой рейс и оборот (рисунок 3.12).

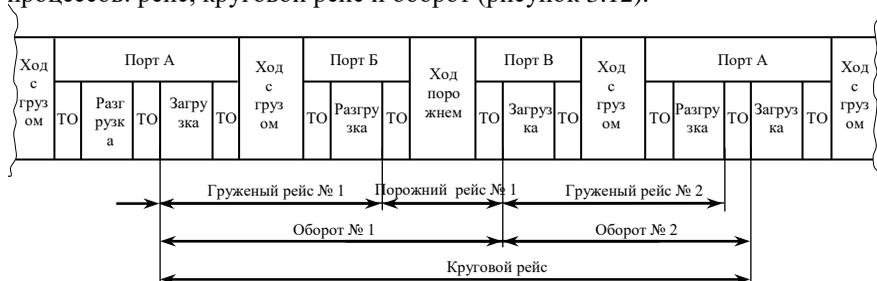


Рисунок 3.12 – Графическое изображение технологических процессов работы транспортного судна:

ТО – технические и технологические операции

Грузовое судно совершает *рейсы* с грузом и в порожнем состоянии, буксирное – рейсы с груженым, порожним составом несамоходных судов или без состава.

Продолжительность рейса судна с грузом $t'_{гр}$ представляет собой время, затрачиваемое на все операции, совершаемые грузовым судном с момента подачи его под загрузку в пункте отправления до окончания разгрузки в пункте назначения:

$$t'_{гр} = \sum t'_{тхн} + t'_3 + t'_{хгр} + \sum t'_{тхп} + t'_p + \sum t'_{тхк}, \quad (3.13)$$

где $\sum t'_{тхн}, \sum t'_{тхп}, \sum t'_{тхк}$ – суммарная продолжительность технических и технологических операций, соответственно, в начальном пункте, в пути и в конечном пункте;

t'_3, t'_p – продолжительность загрузки и разгрузки судна;

$t'_{хгр}$ – продолжительность ходовых операций судна в груженом состоянии.

Как видно из рисунка 3.12, в рассматриваемой в качестве примера технологии работы судна присутствуют два груженных рейса: первый включает в себя загрузку в порту А, технические и технологические операции в данном порту, выполняемые после грузовой обработки, движение судна в груженом состоянии, технические и технологические

операции в порту Б, выполняемые до грузовой обработки, а также разгрузку судна; второй – загрузку судна в порту В, технические и технологические операции в данном порту, выполняемые после грузовой обработки, движение судна в порожнем состоянии, технические и технологические операции в порту А, выполняемые до грузовой обработки, разгрузку в порту А.

Время порожнего рейса грузового судна $t'_{\text{пор}}$ исчисляется с момента окончания разгрузки до момента подачи под загрузку в другом пункте:

$$t'_{\text{пор}} = \sum t'_{\text{тхн}} + t'_{\text{хпор}} + \sum t'_{\text{тхп}} + \sum t'_{\text{тхк}}, \quad (3.14)$$

где $t'_{\text{хпор}}$ – продолжительность ходовых операций судна в порожнем состоянии.

Продолжительность рейса буксирного судна $t_{\text{хпор}}$ (порожнего рейса) или $t_{\text{хгр}}$ (груженого рейса) – это совокупность операций между двумя последовательными подачами его к составу в различных пунктах. Специфика работы буксирного флота находит отражение в совокупности операций технологического процесса его работы. Так, продолжительность рейса буксира-толкача складывается из технических и технологических операций в начальном и конечном пунктах, в пути, времени хода с груженым и порожним составом:

$$t_{\text{ргр(пор)}} = \sum t_{\text{тхн}} + t_{\text{хгр(хпор)}} + \sum t_{\text{тхп}} + \sum t_{\text{тхк}}, \quad (3.15)$$

где $\sum t_{\text{тхн}}, \sum t_{\text{тхп}}, \sum t_{\text{тхк}}$ – суммарная продолжительность технических и технологических операций, соответственно, в начальном пункте, в пути и конечном пункте перевозки;

$t_{\text{хгр}}, t_{\text{хпор}}$ – продолжительность движения буксира-толкача, соответственно, с груженым составом и порожним составом или без состава (легкачем).

Круговым рейсом грузового судна называется совокупность операций, совершаемых судном между двумя последовательными подачами его под загрузку в одном и том же пункте:

$$t'_{\text{кр}} = \sum t'_{\text{тх}} + t'_{\text{х}} + t'_{\text{з}} + t'_{\text{р}}, \quad (3.16)$$

где $t'_{\text{тх}}$ – суммарная продолжительность всех технических и технологических операций судна.

Круговой рейс может состоять из груженого и порожнего рейсов, из двух груженных рейсов (прямого и обратного направлений), из нескольких груженных и порожних рейсов прямого и обратного направлений. Следует отметить, что продолжительность кругового рейса судна или состава – одна

из важнейших характеристик системы организации перевозок на водном транспорте.

Особое значение в эксплуатации транспортного флота имеет технологический процесс, называемый *оборотом*. В оборот входят все операции, совершаемые судном при выполнении грузовой перевозки. Таким образом, продолжительность оборота грузового судна включает в себя полные затраты времени на грузовую перевозку: загрузку и разгрузку, ход с грузом и в порожнем состоянии (если оборот включает порожний рейс, т.е.), технические и технологические операции в начальном, конечном пунктах, в пути:

$$t'_{\text{об}} = \sum t'_{\text{тех}} + t'_3 + t'_{\text{хгр}} + \sum t'_{\text{техп}} + t'_p + t'_{\text{хпор}} + \sum t'_{\text{техк}}. \quad (3.17)$$

Данный технологический процесс введен в эксплуатационную практику речного транспорта с целью объективной оценки эффективности работы транспортного судна. Грузовое судно выполняет «эффективную» транспортную работу (перевозку) в процессе груженого рейса, однако эффективность его работы нельзя оценивать только по продолжительности груженого рейса. Это связано с тем, что для начала груженого рейса судно, зачастую, должно совершить порожний рейс. А если учесть, что некоторые суда в течение навигации работают на различных линиях (то есть с различной продолжительностью кругового рейса), то становится понятным, почему в качестве меры эффективности работы транспортного судна не может использоваться круговой рейс.

Технологические процессы работы транспортных судов принято изображать в виде схем, на которых сплошными линиями отмечают груженные рейсы, штриховыми – порожние. В качестве примера на схеме (рисунок 3.13, а) изображены два груженных рейса между пунктами АВ и ГБ и два порожних рейса между пунктами ВГ и БА. Эти четыре рейса составляют два оборота (АВГ и ГБА) и один круговой рейс (АВГБА). В некоторых случаях продолжительность оборота может быть равна продолжительности груженого (рисунок 3.13, б) или кругового (рисунок 3.13, в) рейса. Первый случай имеет место, когда грузовое судно загружается в пункте выгрузки и не совершает порожних рейсов, второй случай – когда судно совершает перевозку между двумя пунктами и в начальный пункт возвращается в порожнем состоянии.

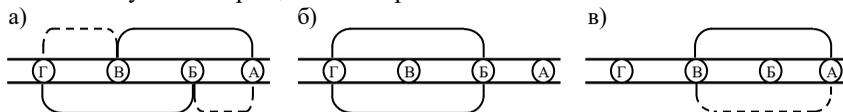


Рисунок 3.13 – Графическое изображение рейсов грузового судна

На рисунке 3.14 изображен график движения и обработки транспортного судна, работающего по схеме, представленной на рисунке 3.12. Данный вид графика имеет широкое распространение в эксплуатационной деятельности речного транспорта. На оси абсцисс в принятом масштабе откладывается расстояние между портами и пунктами, где выполняются отдельные операции технологического процесса работы судна, а на оси ординат – время их выполнения. В этом случае, горизонтальные линии графика характеризуют операции, не связанные с движением, а диагональные – ходовые операции. Для наглядности аспектов изучаемого вопроса, на графике (рисунок 3.14) показаны продолжительности выполнения отдельных операций, рейсов, оборотов и кругового рейса.

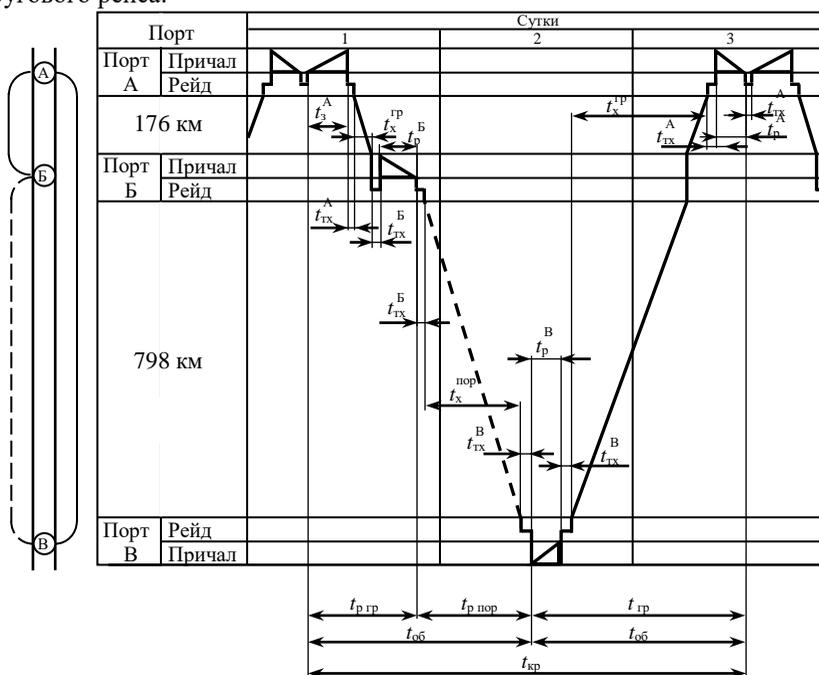


Рисунок 3.14 – График движения и обработки транспортного судна:

$t_{тх}^A, t_{тх}^B, t_{тх}^B$ – продолжительность технических и технологических операций, соответственно, в порту А, Б и В; $t_x^{гр}, t_x^{пор}$ – продолжительность хода судна в груженом и порожнем состоянии; $t_{рз}^A, t_{рз}^B, t_{рз}^B$ – продолжительность разгрузки судна в портах А, Б и В; t_z^A, t_z^B, t_z^B – продолжительность загрузки судна в портах А и Б; $t_{р гр}, t_{р пор}$ – продолжительность, соответственно, груженого и порожнего рейсов; $t_{об}$ – продолжительность оборота судна; $t_{кр}$ – продолжительность кругового рейса

Технология работы пассажирского флота имеет свою специфику. Так, если пассажирский флот работает по расписанию между определенными пунктами в течение всей навигации или некоторого ее периода, то рейс пассажирского судна представляет собой законченный цикл операций по перевозке пассажиров в одном направлении между начальным и конечным пунктами пассажирской линии. Окончанием одного рейса и началом другого для пассажирского судна считается момент завершения высадки пассажиров в конечном пункте, поэтому, за круговой рейс пассажирское судно совершает два рейса: в прямом и обратном направлениях. Вследствие данной специфики понятие «оборот» применительно к пассажирскому флоту не используется, так как продолжительность оборота для пассажирского судна есть продолжительность рейса.

4 ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ РЕЧНЫМ ТРАНСПОРТОМ И ДВИЖЕНИЯ ФЛОТА

4.1 Понятие об организации перевозок и движения флота

Сущность перевозочного процесса на водном транспорте заключается в перемещении грузов и пассажиров из одних пунктов в другие по водному пути. Под *организацией перевозочного процесса* понимается совокупность мероприятий по планированию, регулированию перевозочного процесса, учету и анализу его результатов.

Организация перевозочного процесса на водном транспорте состоит из двух взаимосвязанных систем – организации перевозок грузов (пассажиров) и организации движения флота. Под *организацией перевозок грузов (пассажиров)* понимается совокупность мероприятий, направленных на освоение всех представленных к перевозке грузопотоков (пассажиропотоков). Под *организацией движения флота* понимается совокупность мероприятий, направленных на эффективное использование на перевозках судов. Исходя из принципов синтеза двух этих понятий можно заключить, что под организацией перевозочного процесса понимается совокупность мероприятий по эффективному использованию флота с целью освоения всех представленных к перевозке грузопотоков.

С точки зрения детализации вышеприведенных понятий, к мероприятиям организации перевозок грузов следует относить такие мероприятия как выбор вида сообщения (например, прямое водное или смешанное сообщение с участием смежных видов транспорта), выбор пунктов погрузки, выгрузки и перевалки грузов, выбор судов для перевозки грузов, выбор системы сочетания грузопотоков по направлениям и т. д. Организация движения флота включает такие мероприятия как выбор системы расстановки судов по участкам работы, закрепление флота за грузопотоками, выбор вида флота для перевозок, обоснование системы тягового обслуживания несамоходного тоннажа, разработка регламента движения судов и обслуживания несамоходного тоннажа тягой, выбор пунктов паузки, догрузки и проч.

Как видно, данные понятия относятся к различным объектам (организация перевозок – к грузопотокам, а организация движения – к флоту), определяя тем самым принципиально разные задачи входящих в них

мероприятий: задача организации перевозок – освоить все грузопотоки, задача организации движения флота – максимально эффективно использовать флот на перевозках. Однако движение флота организовывается с целью освоения перевозок, что и определяет неотъемлемую связь двух этих понятий, и сущность понятия «организация перевозочного процесса на водном транспорте».

4.2 Формы организации движения флота

Многолетней практикой эксплуатации водного транспорта выработаны две формы организации движения флота: линейная и рейсовая.

Основной формой организации движения флота является *линейная*. Сущность ее заключается в освоении одного грузопотока однотипным флотом, работающим по установленным нормативам регулярно в течение всего периода предъявления груза к перевозке. По линейной форме движение судов организовывается при освоении мощных, устойчивых грузопотоков, что позволяет добиться ритмичного отправления судов с соблюдением определенного интервала или по расписанию.

Линейная форма организации движения флота наиболее совершенна среди остальных по ряду признаков. Например, при наличии расписания управление всеми процессами перевозок существенно упрощается вследствие менее существенного влияния энтропии; при планировании работы флота по линейной форме за основу берется принцип закрепления грузовых судов за линиями, где они используются наиболее эффективно. Однако специфика транспортного процесса такова, что энтропия на элементах транспортной системы присутствует всегда. Это объясняется самой сущностью транспортного процесса, как сложной организационной системы, являющейся, в свою очередь, подсистемой процесса производства. Именно поэтому стохастичность является неотъемлемой составляющей любых транспортных процессов и при их качественной организации можно лишь снизить ее доведя до минимального значения – в этом случае говорят об оптимальности системы организации перевозочного процесса.

В течение навигации судоходные компании должны принимать к перевозке и те грузы, которые по тем или иным причинам не были включены в план перевозок. Как правило, такие перевозки являются эпизодическими, они не обладают значительными размерами грузопотока, иногда требуют специализированных судов – в таких условиях возникают сложности с организацией движения флота по линейной форме. В результате внеплановых отклонений продолжительности выполнения операций транспортных процессов, организуемых по линейной форме, не весь планируемый объем перевозок оказывается возможным освоить в

течение навигационного периода или периода предъявления груза к перевозке по линейной форме. В этих случаях рекомендуется применять иную форму организации движения флота – *рейсовую*.

Сущность рейсовой формы заключается в освоении нестабильных грузопотоков судами различных типов, нерегулярно, но с соблюдением нормативов графика. Такие перевозки грузов, осваиваемые в отдельных рейсах судов, также должны быть учтены при планировании работы флота путем выделения плановых резервов.

Взаимувязанное линейное и рейсовое движение транспортного флота представляет собой общую систему плановой организации судоходства. Формирование грузовых линий и их состава должно производиться на основании эксплуатационно-экономического обоснования общей схемы организации судоходства, то есть оптимизации расстановки флота по грузопотокам и их сочетаниям, по направлениям, способов тягового и портового обслуживания флота и т. д.

4.3 Сочетание грузовых потоков. Понятия о грузовой линии и грузовом кольце

Понятие «линейная форма организации движения флота» происходит от термина «грузовая линия», а основой такой формы организации движения является работа флота на отдельных грузовых линиях. Под *грузовой линией* понимается транспортная связь между определенными пунктами отправления и назначения однородного груза, осуществляемая однотипным флотом регулярно в течение всего периода предъявления груза к перевозке.

В вышеприведенном определении идет речь об однотипном флоте и однородном грузе. Это значит, что если один и тот же грузовой поток осваивается судами двух или более типов, либо одно судно за круговой рейс последовательно осваивает два или более грузовых потоков, то в это случае имеет место функционирование двух и более грузовых линий.

Одной из важнейших составляющих рациональной организации перевозок и движения флота является эффективное сочетание грузовых потоков по направлениям. Как правило, к освоению в течение навигации или ее отдельного периода предоставляется множество грузопотоков, поэтому обоснование рациональной схемы их сочетания является сложной многовариантной комбинаторной задачей. На основании рациональных схем освоения грузопотоков разрабатываются планы перевозок грузов судоходными компаниями.

При решении вышеописанной задачи рассматриваются все возможные варианты сочетания грузопотоков по направлениям. Грузопотоки в составе их общей бассейновой схемы подразделяют на грузопотоки прямого и обратного направлений. Соотношение грузооборота в прямом и обратном направлениях характеризуют неравномерность перевозок по направлениям и чем больше такая неравномерность, тем больше порожних пробегов судов

будет наблюдаться при перевозках, что, в свою очередь, негативно сказывается на эффективности перевозочного процесса.

На рисунке 4.1 показаны варианты сочетаний грузопотоков прямого и обратного направлений. Наилучшим сочетанием встречных грузопотоков является вариант с совпадающими пунктами отправления и назначения (рисунок 4.1, а, б).

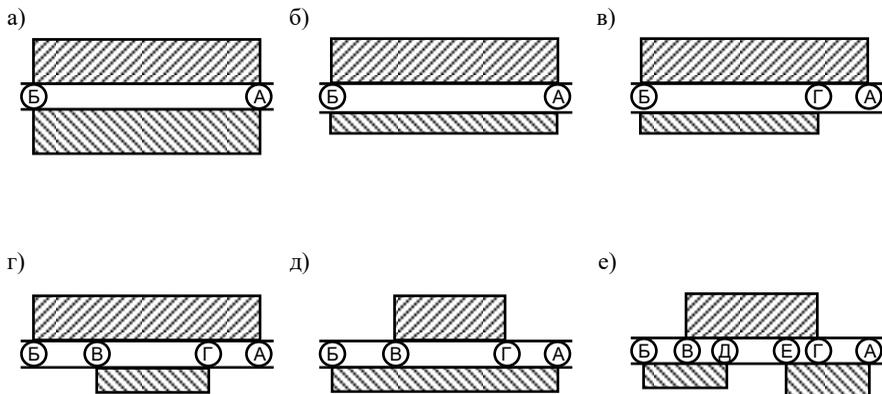


Рисунок 4.1 – Варианты сочетания грузопотоков по направлениям:

а – равнозагруженные прямой и обратный грузопотоки с совпадающими пунктами отправления и назначения; *б* – разнозагруженные прямой и обратный грузопотоки с совпадающими пунктами отправления и назначения; *в, г, д* – разнозагруженные прямой и обратный грузопоток с несовпадающими конечными пунктами; *е* – прямой грузопоток и разнозагруженные грузопотоки обратного направления

Принцип сочетания грузопотоков можно рассмотреть на примере.

На рисунке 4.2, *а* изображена дислокация двух сочетаемых грузовых потоков прямого и обратного направлений: калийных удобрений с размером перевозок $G_{\text{пр}} = 21$ тыс. т и гранулированного шлака с размером перевозок $G_{\text{обр}} = 16$ тыс. т. Для их освоения парходство выделило однотипный флот, эксплуатационная грузоподъемность судна: при перевозке калийных удобрений $Q_3^{\text{пр}} = 700$ т, гранулированного шлака $Q_3^{\text{обр}} = 800$ т.

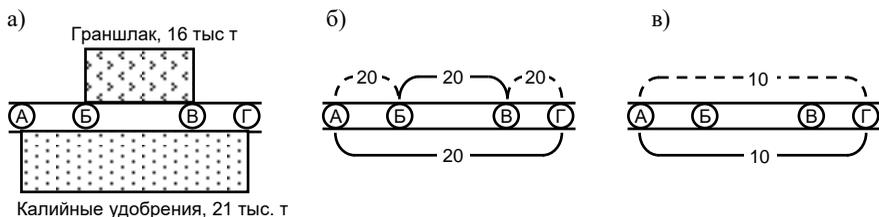


Рисунок 4.2 – Схемы грузопотоков и судопотоков

Указанные грузопотоки могут быть освоены следующим образом. По схеме 4.2, б теплоход должен совершить 20 отправок (за 20 отправок теплоход перевезет 16 тыс. т гранулированного шлака), а остаток калийных удобрений в количестве 7 тыс. т. (за 20 отправок данный теплоход перевезет 14 тыс. т калийных удобрений) – по схеме, представленной на рисунке 4.2, в. По данной схеме с целью освоения всех грузопотоков теплоход должен совершить 10 отправок.

В общем случае за один круговой рейс судно может осваивать один (см. рисунок 3.2, в) или несколько грузовых потоков (см. рисунок 4.2, б). В этом случае имеет место функционирование грузовых линий, объединенных одним круговым рейсом в своеобразное кольцо. Такую систему грузовых линий принято называть *грузовым кольцом*. Грузовая линия, показанная на рисунке 4.2, в, является частным случаем грузового кольца. В эксплуатационной практике ее называют «вертушкой». С целью повышения эффективности перевозок количество таких транспортных связей следует сводить до минимума.

Для объединения грузовых линий в грузовое кольцо требуется соблюдение следующих условий:

- взаимосочетаемость грузопотоков по физико-химическим свойствам грузов, последовательно перевозимых в одном судне за круговой рейс;
- совпадение сроков предъявления грузов к перевозке;
- отсутствие встречных порожних пробегов судов, осваивающих грузопотоки прямого и обратного направлений.

Три перечисленных условия являются требованиями для сочетания грузопотоков. Так, например, если к перевозке в прямом направлении предъявлены пищевые грузы, требующие использования закрытого подвижного состава, то их перевозку, как правило, нельзя сочетать с грузами, являющимися продуктами деятельности химической промышленности. Если два грузопотока сочетаются по физико-химическим свойствам и направлениям, но один из них предъявляется в начале навигационного периода, а второй – в конце его, то, естественно, такие грузопотоки также не могут быть объединены в грузовое кольцо. Последнее требование наглядно поясняет рисунок 4.3. Как видно из рисунка, более эффективна организация перевозок по двум грузовым кольцам (эффект возникает, при прочих равных условиях, за счет отсутствия порожних пробегов).

Помимо требований к сочетанию грузопотоков в эксплуатационной практике есть и рекомендации по повышению эффективности работы водного транспорта.

Для водного транспорта особое значение имеют грузопотоки со значительной дальностью перевозки. Освоение таких грузопотоков в значительной степени благоприятствует высокой эффективности использования флота. Поэтому, привлечение грузов с большой дальностью их перевозки по глубоководным путям является важнейшей задачей речного транспорта.

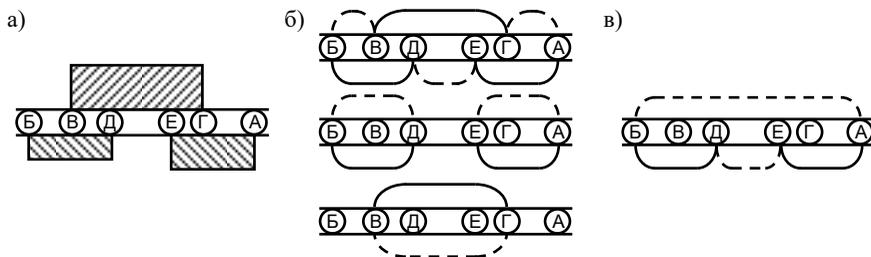


Рисунок 4.3 – Сочетание грузопотоков по направлениям:
a – схема грузопотоков; *б* – эффективные схемы грузовых колец;
в – неэффективная схема грузового кольца

Значительная плотность грузопотоков и их устойчивость является одной из составляющих планомерной, ритмичной организации перевозок, работы флота и портов, благоприятно влияя при этом на эффективность использования, при освоении таких грузопотоков, крупнотоннажного флота и большегрузных составов.

Каждый грузопоток определяет специализацию перевозок и производства погрузочно-разгрузочных работ, поскольку он является однородным с присущими ему габаритными размерами, физико-химическими свойствами. Это, в свою очередь, определяет специализацию транспортных судов и перегрузочных средств. Поэтому с целью рационализации перевозок, сочетание встречных грузопотоков должно учитывать их возможное освоение судами одной специализации.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о первостепенной важности в системе организации перевозок эффективного сочетания грузовых потоков.

4.4 Характеристики грузовой линии

Грузовую линию определяет целый комплекс взаимосвязанных характеристик, основные из которых:

- схемы грузопотоков и судопотоков (составопотоков), размеры перевозок и грузооборота, размер судопотока;
- сроки и период действия линии;
- типы судов и составов, их эксплуатационно-экономические характеристики;
- типы и количество причалов в портах, их эксплуатационно-экономические характеристики;
- технические нормы работы судна на линии;

– продолжительность кругового рейса с распределением его по операциям (ходовым, грузовым, техническим и технологическим), количество круговых рейсов, которое может совершить судно за период действия линии;

– интервал и частота отправления судов (составов), ритмичность их движения на линии;

– потребность во флоте и данные о его наличии у судоходной компании;

– расписание движения и обслуживания судов на линии.

Как было изложено в подразд. 4.3, основой для организации перевозок и движения флота является сочетание грузопотоков. Причем основополагающим принципом сочетания формирования грузовых колец является оперирование не понятием «грузопоток», а понятием «судопоток». Под *судопотоком* (составопотоком) понимается количество отправок, которое должно совершить судно (состав), работая на грузовой линии с целью освоения всего конкретного грузопотока. Размер судового потока

$$m = \frac{G}{Q}, \quad (4.1)$$

где G – размер осваиваемого грузового потока, т;

Q – норма загрузки судна (максимально возможное количество груза, которое может быть размещено в судне при определенной технологии его работы), т.

Количество круговых рейсов, которое может совершить судно (состав) за период действия линии,

$$n = \frac{t_{от}}{t_{кр}}, \quad (4.2)$$

где $t_{от}$ – период отправления судов (составов), сут;

$t_{кр}$ – продолжительность кругового рейса, сут.

Периодом отправления называется промежуток времени, в течение которого осуществляется отправление груженых судов из начального пункта линии. Границы этого периода определяются периодом навигации $t_{нав}$ или эксплуатационным периодом $t_э$ – временем, в течение которого весь груз должен быть доставлен грузовладельцу (если груз предъявляется к перевозке в течение всей навигации, то $t_э = t_{нав}$); временем ввода $t_{вв}$ и вывода флота в эксплуатацию (из нее) или на линию (с линии) $t_{выв}$; продолжительностью кругового рейса $t_{кр}$ или последнего груженого рейса t_p :

$$t_{от} = t_э - (t_{вв} + t_{выв} + t_{кр}), \quad (4.3)$$

$$t_{от} = t_3 - (t_{вв} + t_{выв} + t_{рг}). \quad (4.4)$$

Для наглядности, период отправления судов представлен графически на рисунке 4.4. Как видно из рисунка, если последний рейс кругового рейса судна является порожним, то период отправления определяется по формуле (4.4) (см. рисунок 4.4, а), если последний рейс является грузеным, то для расчета применима формула (4.3) (см. рисунок 4.4. б).

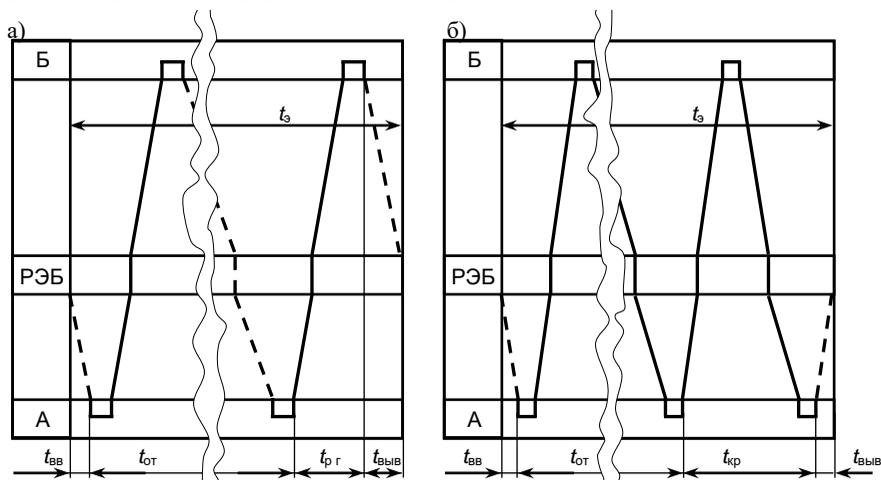


Рисунок 4.4 – Схемы определения продолжительности периода отправления:
РЭБ – ремонтно-эксплуатационная база зимовки флота

Частота отправления грузовых судов (составов) на рассматриваемом судовом потоке характеризует его плотность и выражается средним числом судов, отправляемых из начального пункта линии за одни судки периода отправления:

$$r = \frac{m}{t_{от}}. \quad (4.5)$$

С частотой отправления тесно связана характеристика линии – *интервал отправления* (интервал линии). Интервалом отправления называется средний промежуток времени между двумя последовательными отправлениями судов из начального пункта линии:

$$t_{и} = \frac{t_{от}}{m} = \frac{1}{r}. \quad (4.6)$$

Расчетная величина интервала отправления, как правило, не равна целому числу суток, что существенно осложняет процесс организации перевозок. С целью устранения данного недостатка для линии разрабатывается расписание движения флота путем вариации значением $t_{и}$. Иногда, при этом, грузовую линию даже приходится разделять на две. Принципы разработки расписания движения флота рассмотрены в подразд. 4.5.

Под *потребностью во флоте* понимается количество судов определенного проекта, требуемых для осуществления перевозок всего объема груза по линейной форме:

$$\Phi = \frac{m}{n} = \frac{m t_{кр}}{t_{от}} = r t_{кр} = \frac{t_{кр}}{t_{и}}. \quad (4.7)$$

На основании формулы (4.7) видно, что если $t_{кр} = t_{и}$, то для выполнения всего объема перевозок на грузовом кольце потребуется одно судно, если же $t_{кр} = t_{от}$, то потребность во флоте будет численно равна размеру судопотока. Если расчетное значение $t_{и}$ окажется больше значения $t_{кр}$, то потребность во флоте окажется меньше единицы. В этом случае целесообразным является использовать не линейную, а рейсовую форму организации движения.

Применение вышеописанных принципов можно рассмотреть на примере.

Пример. Требуется рассчитать характеристики грузовой линии по перевозке строительного песка в количестве 110 тыс. т в течение навигационного периода из порта А в порт Б, однотипными судами, загружаемыми песком в количестве 700 т. Продолжительность кругового рейса судна, работающего без обратной загрузки, составляет 14 суток, продолжительность навигационного периода – 225 суток, время ввода и вывода флота из эксплуатации – 5 суток.

Решение.

По формуле (4.1) рассчитывается размер судопотока, требуемого для освоения заданного размера перевозок данным судном:

$$m = \frac{110000}{700} = 157,14 \text{ отправления.}$$

Как показывает расчет, при загрузке судна песком в количестве 700 т, для освоения всего размера перевозок требуется совершить 157 отправок. Оставшееся количество груза в размере 100 т может быть освоено по рейсовой форме организации движения.

Для указанных в примере условий возможен и другой вариант организации перевозок песка. Так, например, с целью освоения всего грузопотока по линейной форме организации движения может быть выполнено 158 отправок, но в таком случае последний рейс судно

выполнит недогруженным до установленной нормы: загрузка судна составит 100 т при норме – 700 т.

Период отправления судов определяется по формуле (4.3):

$$t_{\text{от}} = 225 - (5 + 5 + 14) = 197 \text{ сут.}$$

Зная продолжительность кругового рейса и период отправления судов из начального пункта линии, по формуле (4.2) устанавливается количество круговых рейсов, которое может совершить судно за навигационный период при установленных в примере условиях:

$$n = \frac{197}{14} = 14,07.$$

Таким образом, при заданных в примере временных характеристиках, транспортное грузовое судно сможет совершить 14 круговых рейсов. При этом частота отправления судов, рассчитанная по формуле (4.5),

$$r = \frac{157,14}{197} = 0,798 \text{ отправлений/сутки},$$

а период отправления судов из начального пункта линии

$$t_n = \frac{197}{157,14} = 1,254 \text{ суток}.$$

Потребность во флоте рассчитывается по формуле (4.7) и для условия задачи составляет:

$$\Phi = \frac{157,14}{14} = 11,22 \text{ судна}.$$

Полученное значение потребности во флоте показывает, что для освоения перевозок песка можно использовать 12 судов, но при этом последнее, двенадцатое судно выполнит за период отправления не 14 круговых рейсов, а три. Возможен и другой вариант организации перевозок, например, перевозки можно осуществлять одиннадцатью судами, но совершат они 154 отправления. Оставшееся количество груза в количестве 2200 т можно перевезти используя рейсовую форму организации движения флота.

4.5 Разработка расписания движения флота

Стремление, при организации движения флота, получить расчетный интервал линии равный одним суткам, вызвано не только формальными соображениями и удобством расчета суточных планов работы судоходной компании. Ежесуточное равномерное отправление судов вносит четкий ритм в работу флота, портов, судопропускных сооружений, повышает точность и достоверность планирования, упрощает оперативный контроль и регулирование работой флота.

Наибольшую четкость и ритм движение флота приобретает в том случае, если оно организовано по расписанию. Расписание требует, чтобы

суда прибывали, отправлялись и проследовали каждый пункт в границах линии в строго фиксированный момент времени в каждом рейсе.

Для функционирования линии с движением флота по расписанию необходимо, чтобы интервал линии был равен целому числу суток, а продолжительность кругового рейса была кратна интервалу отправления судов:

$$t_{кр} = n t_{и}, \quad (4.8)$$

где n – целое положительное число.

В случае если расчетное значение продолжительности кругового рейса не кратно интервалу отправления, то продолжительность кругового рейса требуется увеличить до ближайшего значения, соответствующего соотношению (4.8), добавлением в круговой рейс резерва времени, необходимого только для соблюдения расписания. Данный резерв распределяется по портам загрузки и разгрузки флота с учетом сложности его обслуживания в данных портах или пропорционально расчетному времени их комплексного обслуживания.

Если же расчетный интервал линии не является целым числом, то его также доводят до целого путем переключения части перевозок на рейсовую форму организации движения (если частота отправления больше единицы), либо путем организации пропусков в отправлениях судов в отдельные сутки (при частоте меньше единицы).

Так, например, если расчетный интервал отправления составляет 0,681 суток (частота отправления – 1,469 отправления в сутки), то с целью обеспечения движения судов по расписанию целесообразно организовать работу флота по линейной форме с частотой 1 отправление в сутки (интервал линии – 1 сутки), а оставшееся количество груза перевезти по рейсовой форме организации движения флота.

Если же в качестве примера рассмотреть линию с интервалом 1,23 суток (частота отправления – 0,813 отправления в сутки), то с целью обеспечения работы флота по расписанию требуется также привести значение частоты и интервала отправления до единицы, но при этом предусмотреть в отдельные сутки пропуски в отправлениях судов. Интервал пропуска, то есть промежуток времени между двумя последовательными пропусками в отправлениях судов на линии, может быть определен по формуле

$$t_{и\ проп} = \frac{t_{и} t_{и\ пр}}{t_{и} - t_{и\ пр}}, \quad (4.9)$$

где $t_{и}$ – расчетный интервал линии, сут;

$t_{и\ пр}$ – принятый интервал линии, сут.

Для рассматриваемого примера

$$t_{\text{и проп}} = \frac{1,23 \cdot 1}{1,23 - 1} = 5,35 \text{ сут.}$$

Расчитанное значение показывает, что для организации движения флота по расписанию, при условии выполнения перевозки всего предъявленного груза, требуется осуществлять по одному отправлению судов в сутки, но при этом каждые 5,35 суток делать перерыв (рисунок 4.5, а).

Как видно, полученное значение интервала пропуска так же не удобно как и дробное значение интервала отправления. С целью устранения данного недостатка требуется (как и в предыдущем примере) переключить часть грузопотока на освоение по рейсовой форме доведя значение интервала $t_{\text{и}}$ до значения 1,25 суток. Тогда:

$$t_{\text{и проп}} = \frac{1,25 \cdot 1}{1,25 - 1} = 5 \text{ сут,}$$

то есть, каждые пять суток отправление флота требуется пропускать, как показано на рисунке 4.5, б).

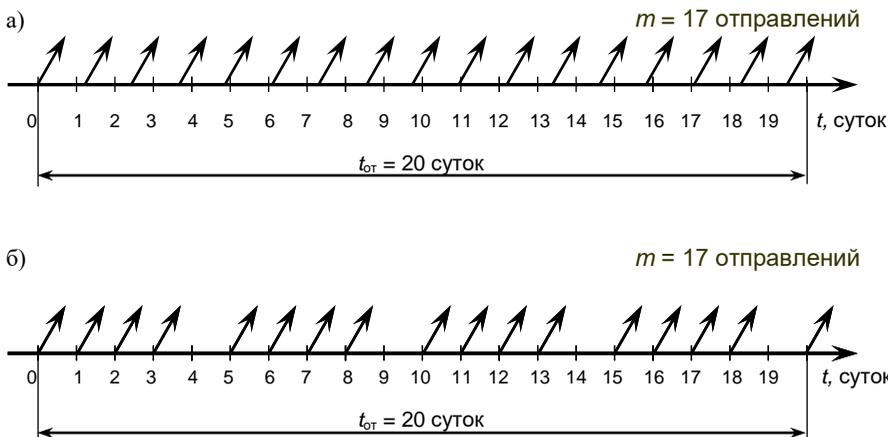


Рисунок 4.5 – Графическое изображение порядка отправлений судов:

а – при $t_{\text{и}} = 1,23$ суток (расчетный интервал линии);

б – при работе флота по расписанию с параметрами $t_{\text{и пр}} = 1$ сут и $t_{\text{и проп}} = 5$ сут

Как видно из рисунка 4.5, и в первом, и во втором случае за одинаковый период отправления выполнено по 17 отправлений, исключением является то, что во втором случае движение флота осуществлялось по расписанию, а отправления судов осуществлялись в одно время каждых суток.

Выбор принимаемого интервала линии $t_{и пр}$ рекомендуется осуществлять из значений 0,25, 0,5, 0,75, 1,00, 1,25, 1,50, 2,00, 2,25, 2,50 суток и т. д. Варианты организации движения флота по линиям с такими характеристиками приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Варианты организации движения флота по расписанию

Расчетный интервал $t_{и}$, сут	Схема отправления флота во времени	Интервал, сут	
		движения судов на линии, $t_{и пр}$	пропуска, $t_{и проп}$
0,25		0,25	—
0,50		0,50	—
0,75		0,75	—
1,25		1	5
1,50		1	3
2,25		2	18
2,50		2	10
3,25		3	39

Как видно, удобство системы организации движения флота с приведенными характеристиками объясняется тем, что отправление судов на таких линиях осуществляется, соответственно каждые $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ суток и т. д. с нарастанием по 6 часов. Рассматривая данный вопрос с такой позиции можно предположить, что работа флота на линии с интервалами отправления $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ суток и так далее (то есть, с нарастанием по 8 часов) также будет удобной. Однако, выполняя расчеты характеристик грузовой линии для значений $t_{и} = 0,333$ сут, $0,667$ сут и т. д., возникает погрешность, которая должна быть учтена при организации перевозок.

Варьировать частотой и интервалом отправления линии можно также изменяя в меньшую сторону период отправления судов.

Следует отметить, что разработка расписания путем изменения характеристик грузовой линии (добавлением резерва времени в продолжительность кругового рейса, сокращением периода отправления флота, изменением расчетной частоты и интервала) в большую сторону изменяет и потребность во флоте. Именно этот факт определяет незначительную степень применения расписаний движения флота в

эксплуатационной практике. Наибольшее распространение данная методика получила при организации пассажирских перевозок, контейнерных линий и смешанных перевозок с участием нескольких видов транспорта. Однако сегодня, когда в экономике все большее внимание уделяется вопросам логистики, организация движения флота по расписанию имеет весомые перспективы.

4.6 Тяговое обслуживание несамоходного флота

Несамоходные грузовые суда (баржи и секции) эксплуатируются в составах. При их тяговом обслуживании одно из первостепенных значений имеет форма счала составов в зависимости от способа их вождения. Среди двух способов вождения составов несамоходных судов в настоящее время господствует метод толкания, хотя в определенных условиях способ буксировки состава также может быть применен. Ключевым параметром при эксплуатации составов, оказывающим влияние на эксплуатационные и, соответственно, экономические характеристики, является сопротивление воды его движению. При применении способа толкания сопротивление воды движению состава значительно меньше чем при его буксировке, данный факт и определяет широту использования толкаемых составов на практике.

Толкаемые и буксируемые составы, в свою очередь, отличаются формой счала, способом учалки и количеством барж (секций) в составе. Составы формируют только из груженных или порожних судов, либо формируют смешанные составы – включающие как груженые, так и порожние суда.

Формы толкаемых составов приведены на рисунке 4.6.

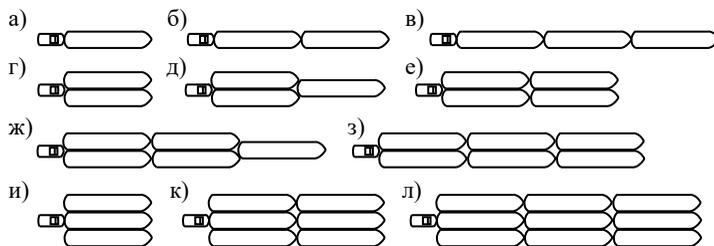


Рисунок 4.6 – Схемы счала толкаемых составов:

a – состав с обозначением формы счала «Т+1»; *б* – «Т+1+1»; *в* – «Т+1+1+1»; *г* – «Т+2»;
д – «Т+2+1»; *е* – «Т+2+2»; *ж* – «Т+2+2+1»; *з* – «Т+2+2+2»; *и* – «Т+3»; *к* – «Т+3+3»;
л – «Т+3+3+3»

По аналогии формируются и буксируемые составы с обозначением их, соответственно «Б+1», «Б+1+1», «Б+1+1+1» и т. д.

Сформированные составы должны отвечать следующим основным требованиям:

– грузовая масса состава и скорость их движения должны соответствовать установленным техническим нормам;

– составы должны иметь рациональную форму счала, обеспечивающую минимальное сопротивление воды движению состава и надежную управляемость;

– габаритные размеры составов должны соответствовать габаритам пути, шлюзов и других гидротехнических и надводных коммуникационных сооружений.

Наличие в составе транспортного флота грузовых теплоходов (в том числе танкеров), толкачей (буксиров) и барж (секций) при одновременной различной плотности и устойчивости судопотоков на водных путях, различных условиях плавания на них и грузовой обработке (ее интенсивности) в портах определяет наличие нескольких технологических способов тягового обслуживания судопотоков, а также составопотоков.

В практике эксплуатации водного транспорта наибольшее распространение получили два способа тягового обслуживания несамоходных судов: *с постоянным закреплением за составами тяговых средств* и *с закреплением тяги за составом на отдельные рейсы*.

К первому способу относится движение грузовых теплоходов как таковых и с закрепленными за ними в толкаемом или буксируемом счале барж-приставок, а также составов из барж (секций) с закрепленными за ними толкачами (буксирами) постоянно, в течение всего оборота или кругового рейса.

При постоянном закреплении за несамоходным флотом тяговых средств время их оборотов (тяги и тоннажа) является одинаковым и обслуживание закрепленными тяговыми средствами состава является сквозным за весь оборот. Схема такого тягового обслуживания составов показана на рисунке 4.7.

Каждому способу тягового обслуживания, чтобы он обеспечивал более высокую эффективность транспортного процесса, должно отвечать определенное сочетание условий применения способа. Так, постоянное закрепление тяговых средств за несамоходным флотом предполагает высокие нормы грузовой обработки и всего комплексного обслуживания судов (составов) в портах и соответствует более дальним перевозкам грузов в судах с относительно малой плотностью судопотоков (составопотоков), обеспечивая в конечном счете такое повышение провозной способности несамоходного флота, что экономия от этого перекрывает потери от задержки тяговых средств в портах.

Ускорение оборачиваемости несамоходного флота (повышение провозной способности) в условиях постоянного закрепления за ним тяговых средств обеспечивается исключением прежде всего затрат времени этим флотом на ожидание их, а также возможным параллельным (совмещенным) выполнением технических операций по обслуживанию в портах обоих видов флота. Вместе с тем тяговые средства ожидают

несамоходные суда во время их грузовой обработки, при том, что стоимость их содержания значительно выше чем стоимость содержания барж.

При втором способе тягового обслуживания – с закреплением тяговых средств за несамоходными судами на отдельные рейсы – время их оборотов или круговых рейсов является неодинаковым: меньшее у тяги и большее у тоннажа ($t_{об}^A > t_{об}^B$). Принципиальная схема обслуживания состава по такой схеме показана на рисунке 4.8.

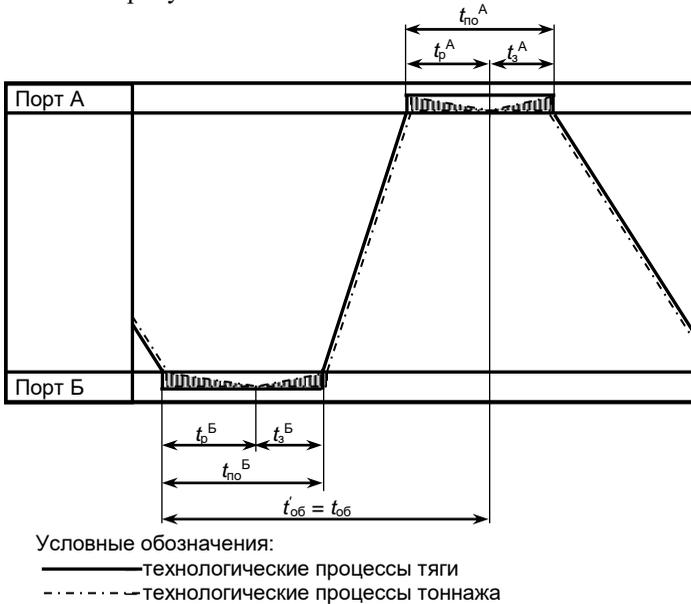


Рисунок 4.7 – Схема обслуживания несамоходного тоннажа при постоянном закреплении за ним тяги:

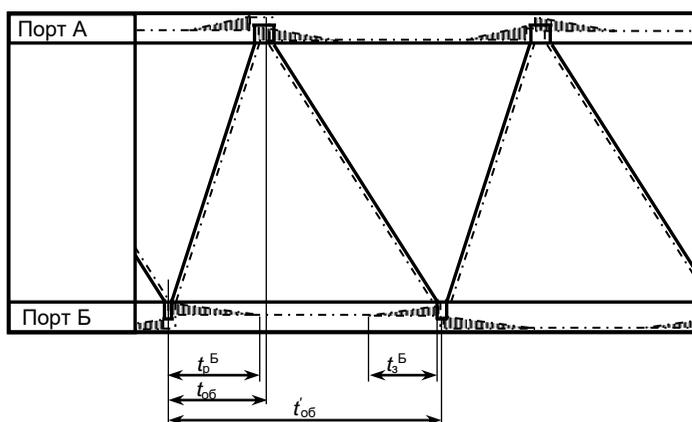
$t_{р}^B, t_{р}^A, t_{з}^B, t_{з}^A$ – продолжительность, соответственно, разгрузки в портах Б, А и загрузки состава;
 $t_{но}^B, t_{но}^A$ – продолжительность портового обслуживания; $t_{об}^B, t_{об}^A$ – продолжительность оборота, соответственно, тоннажа и тяги

В пунктах формирования составов производится смена их толкачей (буксиров). Последние не имеют потерь времени из-за грузовой обработки несамоходных судов.

При использовании такого способа тягового обслуживания ускорение их оборачиваемости и повышение провозной способности обеспечивает эффект только при наличии определенных условий. Такими условиями, помимо необходимых габаритов водных путей, являются прежде всего высокая плотность судопотоков, позволяющая формирование

многосекционных большегрузных составов, и развитый причальный фронт с его достаточной пропускной способностью.

Способ тягового обслуживания с закреплением тяги за тоннажем на отдельные рейсы в наибольшей мере благоприятствует развитию вождения большегрузных составов в многообразных на водных путях условиях эксплуатации баржевого флота. На значительном протяжении водного пути вероятность принципиального изменения характеристик судового хода увеличивается, в таких условиях при применении способа тягового обслуживания с постоянным закреплением тяги за тоннажем возникает необходимость ограничивать протяженность перевозки в составе. При применении же способа с закреплением тяги на отдельные рейсы возникает дополнительная возможность увеличения протяженности участка тягового обслуживания. В этом случае, составы работают по системе, так называемых, тяговых плеч.



Условные обозначения:

———— технологические процессы тяги

----- технологические процессы тоннажа

Рисунок 4.8 – Схема обслуживания несамоходного тоннажа при закреплении за ним тяги на отдельные рейсы:

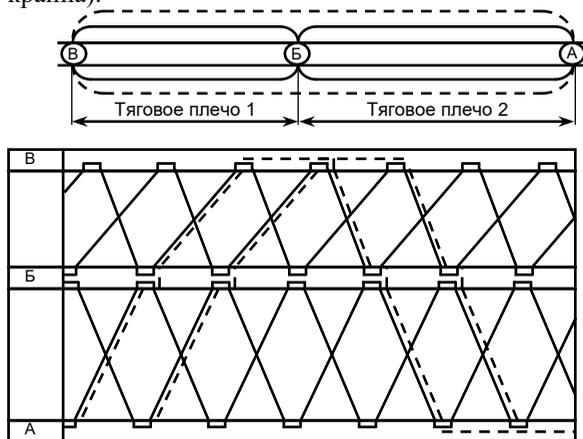
t_p^B, t_z^B – продолжительность разгрузки и загрузки состава в порту Б; $t_{об}, t'_{об}$ – продолжительность оборота, соответственно, тоннажа и тяги

Сущность такой системы тягового обслуживания заключается в том, что транзитные составы в зависимости от их грузовой массы и условий

плавания на каждом тяговом плече обслуживаются соответствующим типом толкача (буксира), в конечных пунктах тягового плеча производятся их смена и целесообразное переформирование составов.

Принципиальная схема обслуживания составов по системе тяговых плеч показана на рисунке 4.9.

Примером использования схемы тягового обслуживания по системе тяговых плеч может служить схема, по которой осуществлялись перевозки калийных удобрений из порта Мозырь (Республика Беларусь) в порт Николаев (Украина).



Условные обозначения:

- график движения тяги
- - - график движения тоннажа

Рисунок 4.9 – Схема тягового обслуживания по системе тяговых плеч

Перевозка удобрений осуществлялась в несамоходных судах грузоподъемностью 900 т, при этом путевые условия на реке Припять ниже порта Мозырь позволяют использовать форму счала $T+2$, соответствующую максимально возможной грузовой массе состава. Все судоходные водные пути Республики Беларусь соответствуют разряду «Р». Путевые же условия на реке Днепр позволяют использовать более эффективные схемы: $T+2+2$, $T+2+2+1$, к тому же разряд водного пути ниже порта Киев – «О». Вышеперечисленные условия позволили на протяжении ряда лет использовать следующую схему тягового обслуживания.

В порту Мозырь осуществлялась загрузка двух барж, доставляемых до пункта смены тяги (конечный пункт тягового плеча) буксиром-толкачем мощностью 220 кВт в составе с формой счала $T+2$. Далее, в пункте смены тяги, состав переформировывался в состав с формой $T+2+2$ и закреплялся за

толкачем мощностью 368 кВт, который перемещал состав в конечный пункт – порт Николаев. Буксир-толкач мощностью 220 кВт, при этом двигался в обратном направлении – в порт Мозырь с составом Т+2. Схема такой системы тягового обслуживания представлена на рисунке 4.10.

Как видно из рисунка 4.10, протяженности тяговых плеч значительно отличаются, что определяет и разное время перемещения составов между портами и пунктом смены тяги. Поэтому с целью организации слаженной и эффективной работы флота по системе тяговых плеч требуется разрабатывать дополнительные организационные мероприятия, тем самым усложняя систему организации перевозочного процесса.

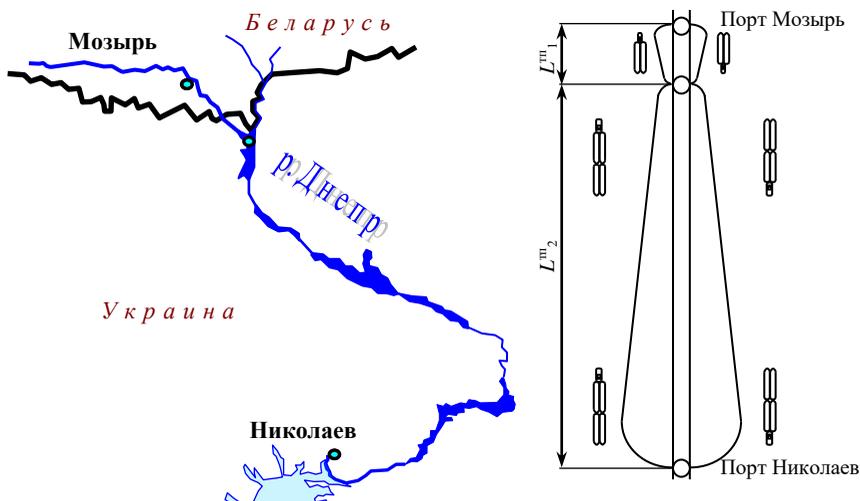


Рисунок 4.10 – Схема перевозки калийных удобрений по системе тяговых плеч:
 L^m_1 , L^m_2 – протяженность, соответственно, первого и второго тягового плеча

Совокупность используемых способов тягового обслуживания тоннажа в отдельном пароходстве и в бассейне в целом представляет систему тягового обслуживания составов, включающую также их типы, соответствующие условиям их рациональной эксплуатации. По этой причине, состав элементов такой системы (типы составов и способы их тягового обслуживания) обосновывается эксплуатационно-экономическими расчетами с целью выбора оптимальной структуры такой системы.

4.7 Пропускная способность водного пути и провозная способность флота

Любая система организации перевозочного процесса характеризуется лимитирующими параметрами, достижение экстремальных значений которых при определенных условиях может привести к различным отказам, нарушениям нормального ее функционирования и прочим негативным последствиям. Для того чтобы подобных фактов не происходило, требуется оценивать данные параметры, знать их критические значения и соотносить со значениями других взаимосвязанных параметров. В практике эксплуатации водного транспорта и в технологии его перевозочного процесса в качестве таких параметров выступают провозная способность флота и пропускная способность пути и портов.

Водный путь состоит из отдельных участков, отличающихся значительным многообразием условий плавания, оказывающих непосредственное влияние на динамику движения по ним флота. Так, например, на плёсовых участках, на водохранилищах допускается беспрепятственное встречное движение и обгоны судов, в то время как на каналах, некоторых перекатах, излучинах встречи и обгоны судов должны быть ограничены, либо вообще запрещены.

Участки водного пути, на которых исключаются встречное движение судов и обгоны, называются однопутными. Такие участки лимитируют движение судов по водному пути в целом. Однопутные участки оказывают решающее влияние на технические характеристики флота, который может эксплуатироваться на них, организацию его движения, ограничивая тем самым пропускную способность пути.

Под *пропускной способностью водного пути* понимается максимальное число судов (составов) или тонн груза, которые могут проследовать через лимитирующий участок пути в обоих направлениях за расчетный промежуток времени, при определенных технических характеристиках судов и принятой организации движения по участку.

Пропускная способность водного пути зависит от следующих основных факторов:

- ограничительных параметров лимитирующих участков (ширины, глубины, радиуса закругления, скорости течения воды, протяженности естественных лимитирующих участков, а также габаритных размеров каналов и камер шлюзов);

- технических и эксплуатационных характеристик судов, эксплуатируемых по ним (главных размерений, грузоподъемности, осадки, скорости, маневренных качеств);

- тип навигационного оборудования (освещаемое – допускается движение флота по участку круглосуточно, неосвещаемое – движение возможно только в светлое время суток);

- организации пропуска судов через лимитирующие участки.

Как видно, пропускная способность водного пути является не просто технической его характеристикой. Она определяет максимальные размеры перевозок на каждом участке водного пути и тесно связана с провозной способностью флота.

Под *провозной способностью флота* понимается максимальное количество груза, которое может перевести группа судов за расчетный промежуток времени, при определенных характеристиках груза, способе его размещения в судах и принятой организации движения флота.

Если значение провозной способности флота и пропускной способности водного пути соизмеримы, то это говорит о том, что данная система организации перевозочного процесса не имеет резерва для своего развития и работает на пределе своих возможностей; если провозная способность флота ниже пропускной способности водного пути – существует резерв для развития системы организации перевозок; если же провозная способность флота оказывается выше пропускной способности пути, то требуется разрабатывать мероприятия по повышению последней, либо изменять систему организации перевозочного процесса.

4.7.1 Расчет пропускной способности однопутного участка водного пути

В наибольшей степени ограничивают пропускную способность пути однопутные участки и судопропускные сооружения, поэтому при определении пропускной способности естественные и искусственные участки водного пути рассматривают отдельно, разделяя их на однопутные и многопутные.

Расчет пропускной способности пути осуществляют, как правило, либо аналитически, либо графически.

Сущность графического способа заключается в том, что на суточном поле строится насыщенный график движения судов, по которому и определяется число пар судов (составов или плотов), которые могут проследовать по участку водного пути за сутки.

Пропускная способность многопутного участка водного пути, как правило, достаточно велика (что является одним из преимуществ водного транспорта относительно других его видов) и рассчитывается в особых случаях. Наибольшей практической значимостью обладает расчет пропускной способности однопутного участка.

Аналитически пропускная способность водного пути

$$\Pi_{\text{вп}} = \frac{24 \tau}{t_{\text{оу}}}, \quad (4.10)$$

где τ – коэффициент использования времени на пропуск судов и составов за — сутки;

$t_{\text{оу}}$ – средний период графика движения флота, часов.

Периодом графика называется время между последующими отправлениями судов или составов в одном направлении. Данное время можно определить из зависимости

$$t_{\text{оу}} = \frac{L_{\text{с}} + l_{\text{и}}}{U}, \quad (4.11)$$

где $L_{\text{с}}$ – длина расчетного судна или состава, км;

l_n – интервал попутного следования (минимальный запас расстояния между двумя судами, следующими в попутном направлении), км;

U – техническая скорость движения судна (состава), км/сут.

Для определения пропускной способности графически требуется построить график движения судов на однопутном участке. При этом устанавливается расчетная длина участка (рисунок 4.11):

$$l_{\text{рч}} = l_{\text{oy}} + (L_c + l_n), \quad (4.12)$$

где l_{oy} – протяженность однопутного участка водного пути, км и время, в течение которого участок занят судном (составом):

$$t_x = \frac{l_{\text{рч}}}{U}. \quad (4.13)$$

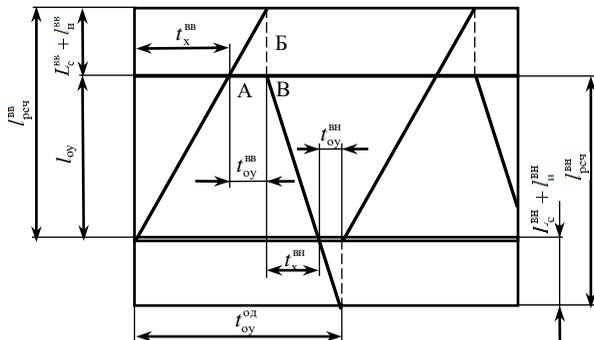


Рисунок 4.11 – Определение периода графика движения флота на однопутном участке при организации одиночного пропуска судов

Точка А характеризует момент, когда судно, следующее вверх, покидает однопутный участок, точка Б – момент времени, когда судно, следующее вверх, преодолело расчетную длину участка, то есть, фактическую длину участка и дополнительный запас (формула (4.12), рисунок 4.12), точка В – момент времени начала пропуска по участку судна, следующего вниз.

Дальнейшее построение графика продолжается по полной аналогии для судна, следующего вниз, и так далее до истечения суток.

Как видно из рисунка 4.11, период графика движения флота на однопутном участке может быть определен из зависимости

$$t_{\text{oy}}^{\text{од}} = t_x^{\text{вв}} + t_{\text{oy}}^{\text{вв}} + t_x^{\text{вн}} + t_{\text{oy}}^{\text{вн}}, \quad (4.14)$$

где $t_x^{\text{вв}}$, $t_x^{\text{вн}}$, $t_{\text{oy}}^{\text{вв}}$, $t_{\text{oy}}^{\text{вн}}$ – соответственно, продолжительность движения судна вверх и вниз по участку, периоды параллельного графика движения флота по участку по направлениям.

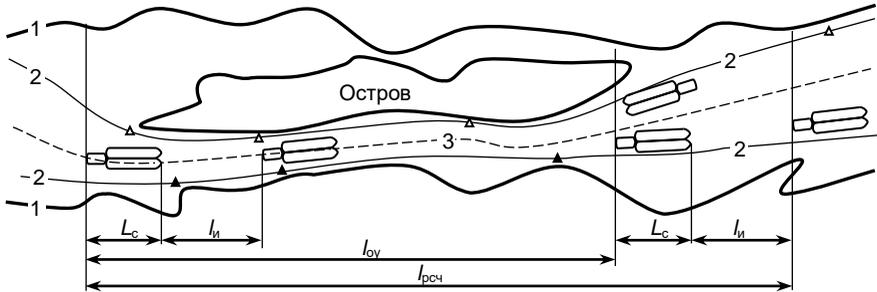


Рисунок 4.12 – Схема пропуска судов по однопутному участку водного пути:
 1 – пойма реки; 2 – кромка судовой дорожки; 3 – ось судовой дорожки

Продолжительность движения судов вверх и вниз по участку

$$t_x^{вв(вн)} = \frac{l_{oy}^{вв(вн)}}{U^{вв(вн)}}. \quad (4.15)$$

Одной из организационных мер повышения пропускной способности водного пути и, как частного случая, однопутного участка является организация пропуска не одиночных судов, а их серий. На рисунке 4.13 приведена схема серийного пропуска судов по однопутному участку водного пути.

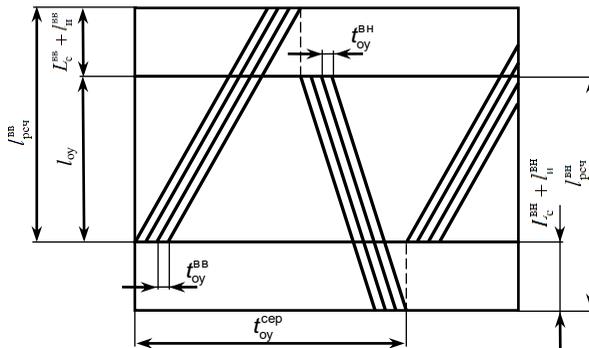


Рисунок 4.13 – Схема серийного пропуска судов по однопутному участку
 (серия – 4 судна)

При серийном пропуске судов, как видно из рисунка 4.13, период графика определяется по формуле

$$t_{oy}^{сеп} = t_x^{вв} + t_x^{вн} + n(t_{oy}^{вв} + t_{oy}^{вн}), \quad (4.16)$$

где n – количество судов в серии.

Анализируя приведенные зависимости можно видеть, что число судов, которое может проследовать через однопутный участок при одиночном пропуске судов меньше, чем при серийном (рисунок 4.14).

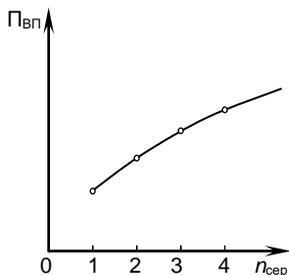


Рисунок 4.14 – Зависимость пропускной способности участка пути от количества судов в серии

Несмотря на то, что пропускная способность водного пути возрастает с ростом числа судов в серии, использование серийного пропуска сопряжено с рядом организационных сложностей. Так, например, чтобы к однопутному участку с небольшой временной разбежкой подходили суда, требуется организовать движение судов по специальному расписанию, однако стохастичность транспортного процесса не всегда это позволяет. Если же движение судов организовывать не по расписанию, то суда, прибывающие к участку ранее других, должны простаивать определенное время, ожидая других судов серии. Для оценки эффективности такой организационной меры требуется сравнивать потери, возникающие вследствие простоя флота в ожидании судов серии с эффектом от использования серийного пропуска и роста пропускной способности.

4.7.2 Расчет пропускной способности шлюзованной системы

Наличие на водных путях гидротехнических сооружений, таких как судоходные шлюзы, предполагает решение задачи пропуска через них судов с минимальными потерями провозной способности.

Технология шлюзования заключается во входе судна из одного бьефа в камеру, выравнивании уровней воды в камере с другим бьефом или со смежной камерой, выходе судна в другой бьеф или переходе в смежную камеру.

Расчет пропускной способности шлюза сводится к расчету времени перемещения судна или группы одновременно шлюзуемых судов из бьефа в бьеф. Зная это время, можно рассчитать число шлюзований в сутки, а умножив массу груза в шлюзуемой группе судов на число шлюзований – *пропускную способность шлюза* за сутки, а затем и за любой период (месяц, навигацию).

В однокамерном однониточном шлюзе (рисунок 4.15) створы I и V фиксируют место стоянки судна у швартовых пал соответственно в верхнем ВБ и нижнем НБ бьефах при двустороннем пропуске судов через шлюз. При двустороннем пропуске происходит поочередная смена

направлений движения судов через шлюз: из верхнего бьефа в нижний, затем из нижнего в верхний, снова из верхнего в нижний и т. д. Расположение судов, ожидающих шлюзование при двустороннем пропуске, на значительном расстоянии от ворот шлюза объясняется необходимостью обеспечить свободу маневра судну, выходящему из камеры. Створы II и IV определяют место стоянки судна в ожидании шлюзования при одностороннем пропуске.

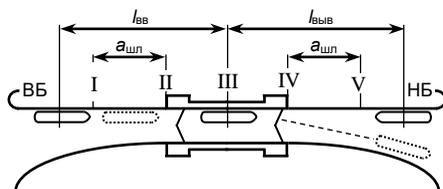


Рисунок 4.15 – Схема однокамерного одностороннего шлюза с шлюзуемым судном

Процесс двустороннего шлюзования из верхнего бьефа в нижний начинается с момента пересечения носовой частью судна створа I. Путь ввода судна в камеру $l_{\text{вв}}$ измеряют от места стоянки у створа I до места стоянки в камере (створ III), а путь вывода $l_{\text{выв}}$ – от створа III до положения, соответствующего моменту проследования кормой судна створа V.

Путь ввода (вывода) при двустороннем пропуске

$$l_{\text{вв(выв)}}^{\text{дв}} = \frac{1}{2}(L_{\text{кам}} + L_{\text{с}}) + a_{\text{шл}}, \quad (4.17)$$

где $L_{\text{кам}}$ – длина камеры шлюза, м;

$L_{\text{с}}$ – длина шлюзуемого судна (состава), м;

$a_{\text{шл}}$ – расстояние между створами I и II или V и IV, м.

Значение величины $a_{\text{шл}}$ находят расчетным путем. Чем больше эта величина, тем более безопасны условия для судов, выходящих из шлюза, но увеличиваются капитальные вложения в сооружение швартовных пал.

При одностороннем пропуске путь ввода определяется положением судна у швартового пала перед створом II или IV и положением судна в камере (створ III). Путь вывода измеряют от створа III до положения судна в момент проследования его кормовой части створа II или IV:

$$l_{\text{вв(выв)}}^{\text{од}} = \frac{1}{2}(L_{\text{кам}} + L_{\text{с}}). \quad (4.18)$$

Время ввода (вывода) определяют как частное от деления пути ввода (вывода) на среднюю скорость ввода (вывода):

$$t_{\text{вв(выв)}} = \frac{l_{\text{вв(выв)}}}{v_{\text{вв(выв)}}}, \quad (4.19)$$

где $v_{\text{вв(выв)}}$ – средняя скорость ввода (вывода) судна.

Средняя скорость ввода (вывода) (рисунок 4.16) зависит от типа судна, нагрузки на единицу мощности толкача (для состава), маневренных качеств судна и мастерства судоводителей. Если ввод судна в камеру осуществляется от места стоянки у швартового пала, то скорость ввода изменяется от нулевого значения у пала до нулевого же значения у стенки шлюза. Скорость вывода изменяется от нулевого значения у стенки шлюза до некоторой величины, ограниченной скоростью движения судна в подходном канале. Если ввод судна в камеру осуществляется без его остановки, то скорость ввода изменяется от некоторой величины, соответствующей скорости судна на подходе к шлюзу, до нулевого значения.

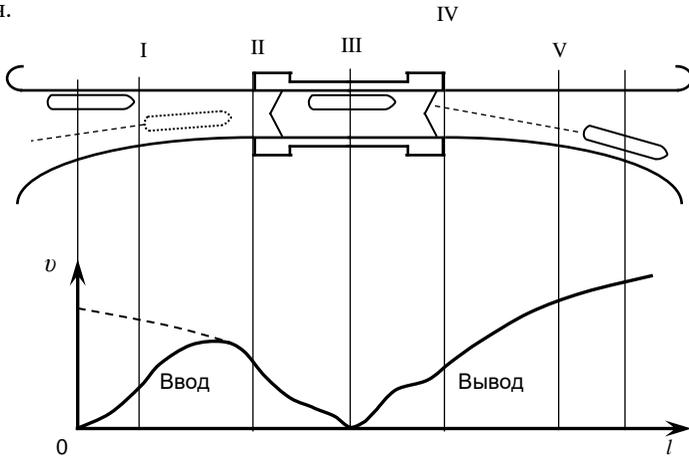


Рисунок 4.16 – Изменение скорости ввода (вывода) судна в камеру (из камеры) шлюза в процессе шлюзования

После ввода судна в камеру происходят следующие технические операции в камере с определенными затратами времени: швартовка судна $t_{\text{шв}}$, закрытие ворот t_z , опорожнение или наполнение камеры с целью выравнивания уровней воды в камере и бьефе, в который судно переходит, $t_{\text{оп(нап)}}$, открытие ворот $t_{\text{от}}$, отшвартовка судна $t_{\text{отш}}$. Таким образом, время всего процесса шлюзования при двустороннем пропуске одиночного судна через однокамерный шлюз $t_{\text{шл.од.дв}}$ складывается из времени следующих операций:

$$t_{\text{шл.од.дв}} = t_{\text{вв}} + t_{\text{шв}} + t_3 + t_{\text{оп(нап)}} + t_{\text{от}} + t_{\text{отш}} + t_{\text{выв}}. \quad (4.20)$$

Средняя продолжительность технических операций в камере шлюза следующая: швартовка судна – 2,5 минут; наполнение (опорожнение) камеры – 10 минут; отшвартовка – 1,5 минут; открытие и закрытие ворот шлюза – 2 минуты. Средняя общая продолжительность шлюзования с учетом ожидания выполнения отдельных технических операций составляет 30–45 минут.

Процесс шлюзования судна в однокамерном шлюзе может осуществляться при двустороннем и одностороннем пропуске (рисунок 4.17).

При двустороннем пропуске встречное шлюзование начинается в момент окончания вывода судна из камеры, при одностороннем каждое последующее шлюзование связано с подготовкой камеры к приему судна из того же бьефа, из которого прошлюзовалось предыдущее судно. Операции по подготовке камеры складываются из закрытия ворот, наполнения (опорожнения) камеры и открытия ворот. С учетом продолжительности технических операций па процесс подготовки камеры продолжается около 14 минут. Это время в 1,5–2 раза превышает сокращение затрат времени на ввод и вывод судна при одностороннем пропуске по сравнению с двусторонним. Таким образом, в однокамерном шлюзе

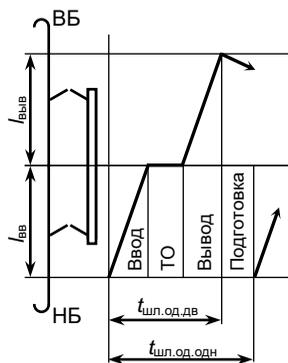


Рисунок 4.17 – Схема шлюзования судна в однокамерном шлюзе

двустороннее шлюзование оказывается эффективнее одностороннего.

Процесс шлюзования в двухкамерном шлюзе (частный случай многокамерного шлюза) изображен на рисунке 4.18. Для того чтобы осуществить пропуск двух судов во встречных направлениях, следует совершить 10

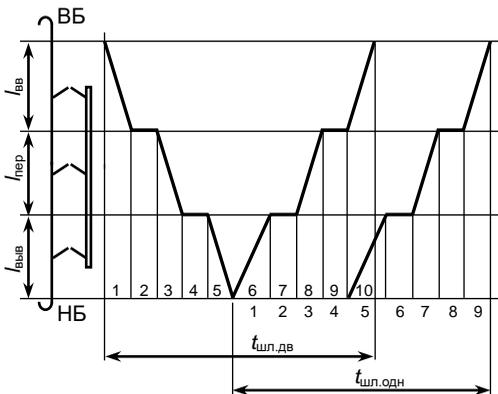


Рисунок 4.18 – Схема шлюзования судна в двухкамерном шлюзе:

$l_{\text{пер}}$ – путь перехода судна из одной камеры в другую

операций: ввод (7 и 6), технические операции в камере (2, 4, 7 и 9), переход (3 и 8) и вывод (5 и 10). При одностороннем пропуске для выполнения той же задачи совершается 9 операций. Эффект заключается в совмещении операций шлюзования одного судна в верхней камере и подготовки нижней камеры к приему другого судна из нижнего бьефа. Из этого следует, что для многокамерного шлюза более предпочтительным оказывается односторонний пропуск.

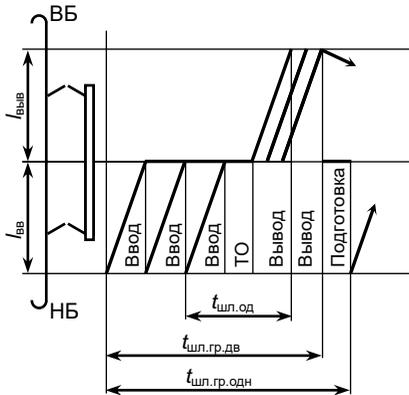


Рисунок 4.19 – Схема шлюзования группы судов в однокамерном шлюзе

Как было сказано в п. 4.7.1, на пропускную способность участка пути благоприятно сказывается использование серийного (группового) пропуска судов. Данное заключение действует и на шлюзованные системы (рисунок 4.19).

При одновременном шлюзовании группы судов ввод в камеру каждого судна последующего судна начинается после того, как вошло предыдущее. Вывод судов из камеры происходит с соблюдением безопасного

интервала попутного следования; для расчетов принимают, что каждое последующее судно начинает выход после того, как предыдущее прошло половину пути вывода.

В общем случае время группового шлюзования при двустороннем пропуске

$$t_{\text{шл.гр.дв}} = t_{\text{шл.од.дв}} + \sum_{i=1}^{n_{\text{шл}}-1} t_{\text{вв } i} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n_{\text{шл}}-1} t_{\text{выв } i}, \quad (4.21)$$

где $n_{\text{шл}}$ – число судов в шлюзуемой группе.

При одностороннем пропуске к этому времени добавляют время на операции по подготовке камеры $t_{\text{под}}$:

$$t_{\text{шл.гр.од}} = t_{\text{шл.од.дв}} + \sum_{i=1}^{n_{\text{шл}}-1} t_{\text{вв } i} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n_{\text{шл}}-1} t_{\text{выв } i} + t_{\text{под}}. \quad (4.22)$$

Анализ выражений (4.21) и (4.22) показывает, что групповое шлюзование по использованию пропускной способности шлюза эффективнее одиночных. Так, одновременное шлюзование двух однотипных судов уве-

личивает загрузку камеры вдвое, а время шлюзования возрастает лишь на продолжительность одной операции ввода и половины операции вывода. Продолжительность технических операций в камере остается неизменной при любом числе шлюзуемых судов. Поэтому на практике, как правило, применяют групповое шлюзование, если оно возможно исходя из структуры судопотока. Пропуск одиночных судов обуславливается либо требованиями Правил плавания по судоходным путям, либо необходимостью соблюдения расписания движения пассажирскими судами.

Пропускная способность шлюза

$$\Pi_{\text{шл}} = m_{\text{шл.сут}} t_{\text{расч}} \overline{G}_k, \quad (4.23)$$

где $m_{\text{шл}}$ – среднее число шлюзований за сутки, в соответствии с технологией работы шлюза, организацией подхода судов к нему и их пропуска;

$t_{\text{расч}}$ – продолжительность расчетного периода, сут;

\overline{G}_k – средняя загрузка камеры шлюза (средняя масса груза, перевозимого в судах шлюзуемой группы), т.

Среднее число шлюзований за сутки

$$m_{\text{шл.сут}} = \frac{1440 \beta}{t_{\text{шл.гр}}}, \quad (4.24)$$

где β – коэффициент полезного времени использования шлюза за сутки (учитывающий время обслуживания шлюза, траление камер и прочие операции);

$t_{\text{шл.гр}}$ – среднее время шлюзования группы судов, мин,

$$\overline{t_{\text{шл.гр}}} = \varphi_{\text{одн}} \overline{t_{\text{шл.гр.од}}} + \varphi_{\text{дв}} \overline{t_{\text{шл.гр.дв}}}, \quad (4.25)$$

$\varphi_{\text{одн}}$, $\varphi_{\text{дв}}$ – доля односторонних и двухсторонних шлюзований.

Разница между рабочим временем камеры и временем занятости камеры пропуском судов определяет суточный резерв пропускной способности шлюза:

$$\Pi_{\text{рез.сут}} = \frac{(1440 \beta - \sum t_{\text{шл.сут}}) \overline{G}_k}{t_{\text{шл.гр}}}, \quad (4.26)$$

где $\sum t_{\text{шл.сут}}$ – суммарное время занятости камеры шлюза за сутки.

Если резерв пропускной способности шлюза в наиболее напряженный период навигации приближается к нулю, а в перспективе ожидается рост перевозок в бассейне, то необходимо принимать решения об увеличении пропускной способности путем строительства дополнительной нитки шлюза, внедрении организации перевозок грузов в большегрузных составах и увеличении тем самым средней загрузки камеры, либо совершенствования

технологии судопропуска и сокращения времени на отдельные операции шлюзования.

4.7.3 Расчет пропускной способности порта

Пропускная способность портов является одной из важнейших характеристик воднотранспортной системы, наряду с рассмотренными ранее, пропускной способностью участка пути и шлюзованной системы. Под *пропускной способностью порта* понимается максимальное количество груза, которое способен переработать порт (перегрузить с судна в береговой склад, с судна в другое судно (по варианту «судно-судно») или в подвижной состав смежных видов транспорта (по вариантам «судно-вагон», «судно-автомобиль») за расчетный период времени при определенном техническом оснащении порта.

Пропускная способность порта складывается из пропускной способности его причалов. *Пропускная способность грузового причала* определяется пропускной способностью его причального фронта, погрузочно-разгрузочных путей смежных видов транспорта и пропускной способностью складов. Соответственно, пропускная способность путей смежных видов транспорта не должна быть меньше пропускной способности его причального фронта, а пропускная способность складов должна обеспечивать переработку его суточного грузооборота.

Пропускная способность грузового причала выражает максимальное количество груза, перегружаемого за сутки причальными погрузочно-разгрузочными механизмами в определенных технологических условиях (род груза, схема механизации, система организации погрузочно-разгрузочных работ):

$$\Pi_{\text{пр}} = 24 p_{\text{э}} n_{\text{у}} \alpha k_{\text{шв}}, \quad (4.27)$$

где $p_{\text{э}}$ – эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочной машины, т/час;

$n_{\text{у}}$ – количество погрузочно-разгрузочных машин на причале;

α – коэффициент снижения производительности работы нескольких погрузочно-разгрузочных машин на одном причале;

$k_{\text{шв}}$ – коэффициент снижения пропускной способности, учитывающий затраты времени на швартовые операции, осуществляемые на причале:

$$k_{\text{шв}} = \frac{t_{\text{з(р)}}}{t_{\text{з(р)}} + t_{\text{шв}}}, \quad (4.28)$$

где $t_{\text{шв}}$ – время швартовых операций по причалу.

Эксплуатационная производительность погрузо-разгрузочной машины – это количество погруженного или выгруженного машиной груза

за один час работы с учетом всех остановок и перерывов в работе устанавливаемых технологией ее работы. Таким образом, эксплуатационную производительность можно определить по формуле

$$P_o = P_T \cdot \frac{t_{гр}^{см} - t_{пер}^{см}}{t_{см}}, \quad (4.29)$$

где P_T – техническая производительность погрузочно-разгрузочной машины, т/час;

$t_{гр}^{см}$, $t_{пер}^{см}$ – общая продолжительность грузовых операций, выполняемых погрузочно-разгрузочной машиной за смену, и, соответственно, продолжительность запланированных перерывов в работе машины, за тот же промежуток времени, час;

$t_{см}$ – продолжительность смены, час.

Техническая производительность погрузочно-разгрузочной машины – это максимальное количество груза, которое может быть погружено или разгружено машиной за час ее работы без перерывов, при определенной схеме механизации. Техническая производительность погрузочно-разгрузочной машины зависит от типа машины, от схемы механизации, технологии выполнения погрузочно-разгрузочных работ и многих других факторов. Методика ее определения приведена в п. 5.4.1.

Для обеспечения переработки в порту грузов, следующих в смешанных железнодорожно-водных сообщениях (реже – в автомобильно-водных сообщениях), по прямому варианту пропускная способность погрузочно-разгрузочных путей должна быть выше пропускной способности грузового причала.

Пропускная способность погрузочно-разгрузочных железнодорожных путей

$$\Pi_{ж-д} = n_B q n_{пв} n_{пут}, \quad (4.30)$$

где n_B – количество вагонов в одной подаче;

q – норма загрузки вагона, т;

$n_{пв}$ – количество подач вагонов к причалу за сутки;

$n_{пут}$ – количество погрузочно-разгрузочных путей на причале.

Количество вагонов в одной подаче

$$n_B = \frac{L_{пр}}{l_B}, \quad (4.31)$$

где $L_{пр}$ – длина причала, м;

l_B – длина вагона, м.

Количество подач вагонов к причалу

$$n_{\text{пв}} = \frac{24}{t_{\text{гр}} + t_{\text{под}} + t_{\text{уб}}}, \quad (4.32)$$

где $t_{\text{гр}}$ – продолжительность загрузки или разгрузки подачи вагонов, ч;
 $(t_{\text{под}} + t_{\text{уб}})$ – продолжительность маневровых передвижений по подаче и уборке вагонов на погрузочно-разгрузочный путь, ч.

Для обеспечения складирования грузов пропускная способность склада должна быть равна или выше суточного грузооборота склада.

Пропускная способность склада может быть определена по формуле

$$\Pi_{\text{скл}} = \frac{E}{t_{\text{ср}}}, \quad (4.33)$$

где E – вместимость склада, т;

$t_{\text{ср}}$ – средний срок хранения груза на складе, определяемый исходя из установленных сроков хранения каждого груза t_i и количества этих грузов, проходящих через склад G_i

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n G_i t_i}{\sum_{i=1}^n G_i}. \quad (4.34)$$

Если расчетная пропускная способность складов причала при установленных нормах их использования не обеспечивает складирование суточного грузооборота склада, то намечаются мероприятия по увеличению пропускной способности складов путем увеличения нормы емкости склада (например, совершенствуя технологию складирования) и сокращения среднего срока хранения грузов на складе в результате улучшения качества коммерческой работы порта и транспортно-экспедиционного обслуживания грузовладельцев.

Повысить пропускную способность порта можно также увеличивая долю прямого варианта погрузочно-разгрузочных работ. В данном случае, ключевым фактором становится повышение качества взаимодействия видов транспорта в порту.

5 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА

5.1 Значение технического нормирования и состав технических норм

Нормирование использования технических средств, затрат труда, энергии и материалов является основой эффективной системы организации производства.

Технической нормой называется мера затрат труда, времени, сырья, материалов на единицу продукции или мера количества продукции, которая может быть произведена в единицу времени при определенной технологии.

Технические нормы служат основой для организации планирования работы флота и портов, необходимы для организации высокопроизводительного труда плавающего и берегового контингента работников, планирования затрат труда, материальных и нематериальных ресурсов.

В производственных условиях нормы представляют собой технические, технико-экономические и другие расчетные величины, используемые для производственного, технико-экономического планирования и оценки производственно-хозяйственной деятельности предприятия. В практике нормирования промышленного производства нормы делятся на расходные (норма расхода топлива, основных вспомогательных материалов, сырья, электроэнергии и других ресурсов) и технико-экономические, определяющие уровень использования средств производства (норма использования склада, норма времени выполнения операции).

В практике планирования помимо понятия «техническая норма» применяется и такое понятие как «норматив». Под нормативом, как правило, понимаются исходные данные для расчета технической нормы по одной или группе составляющих.

Процесс обоснования объективных технических норм называется *техническим нормированием*. Техническое нормирование работы флота является основой организации движения и перевозок грузов, а следовательно, технико-экономического, навигационного, технического, оперативного и перспективного планирования на водном транспорте.

Техническое нормирование является сложной и ответственной задачей, она должна решаться на строго научной основе и с учетом передового опыта. Такое научно обоснованное нормирование определяет, с одной

стороны, прогрессивность технических норм (позволяя тем самым повышать эффективность планируемой деятельности), с другой – их реальность (ограничивая темы роста планируемой деятельности реальными данными). Так, например, завышение технической нормы скорости движения судна на некотором участке, с одной стороны позволяет ускорить оборачиваемость подвижного состава, позитивно влияя на эффективность работы транспорта, но с другой стороны – снижает безопасность судоходства на участке.

Техническое нормирование, регламентируя в некотором смысле, деятельность коллективов людей, помимо технической составляющей имеет и психологическую, сложно формализованную составляющую. Так, например, необоснованное занижение технической нормы времени выполнения экипажем некоторой операции негативно сказывается на качестве его работы (человек – член экипажа, не будет стремиться к выполнению нормы, понимая необоснованность ее значения и тот факт, что как бы он не старался, достичь запланированного результата он не сможет). Необоснованное же завышение данной технической нормы также негативно сказывается на характере деятельности отдельного члена экипажа (человек – член экипажа, не будет стремиться к чрезмерному совершенствованию качества своей деятельности зная, что и без особого напряжения достигнет установленной нормы и даже сможет перевыполнить ее). Именно данный факт определяет такую тенденцию нормирования, когда за норму принимается не математическое ожидание, как наиболее вероятное значение нормируемой величины, а несколько большее или меньшее значение, в зависимости от направленности нормы.

Техническая норма отражает степень технической возможности выполнения некоторой операции. Однако фактические, реальные данные об использовании ресурсов транспорта (флота, устройств портов) или времени выполнения операций транспортного процесса (продолжительность обработки судна, продолжительность рейса судна) варьируются под воздействием различных факторов, определяющих одну из специфик транспортно-логистического процесса. Поэтому степень реализации технической нормы (технической возможности выполнения операции) также изменяется (иногда норма выполняется, перевыполняется или не выполняется), что отражается в значениях эксплуатационных показателей работы транспорта.

Следует отметить, что перевыполнение норм далеко не всегда определяет позитивную тенденцию работы транспорта. Например, если судно пришло в пункт перевалки раньше установленного срока (то есть перевыполнив техническую норму времени движения судна), то оно может простаивать в ожидании обработки вследствие занятости причала, который по плану должен освободиться к моменту планируемого прихода судна в порт. В настоящее время, с широким внедрением и использованием в экономике принципов логистики, данная проблема наиболее актуальна.

Поэтому задача управления судоходством и состоит в создании и обеспечении тех условий, для которых установлены технические нормы.

Технические нормы использования транспортных средств и времени транспортных операций непосредственно связаны с конкретными условиями, в которых протекает нормируемый процесс: типом судна, родом груза, условиями судоходства на конкретном участке водного пути, технологией судождения, типом перегрузочной техники, схемой механизации и другими определяющими факторами. Данный факт определяет многообразие технических норм.

На речном транспорте в области эксплуатации транспортного флота устанавливаются нормы: загрузки (нагрузки) для грузовых судов; грузоподъемности составов и объема плотов для буксирных судов; скорости для самоходных судов, составов и плотов; времени на выполнение отдельных транспортных операций для всех видов флота.

Помимо перечисленных функций технического нормирования следует отметить и еще одну: анализ выполнения технических норм позволяет выявить недостатки в организации транспортного процесса и резервы провозной способности флота и пропускной способности пути и портов. Четкое выполнение норм выражает качество организации работы флота и портов.

5.2 Общая характеристика методов технического нормирования

Технические нормы по эксплуатации флота должны разрабатываться эксплуатационным аппаратом судоходных компаний, портов или, учитывая важность и сложность задачи технического нормирования, научно-исследовательскими и проектными организациями.

В зависимости от требуемой точности норм, детализации нормируемых операций, трудовых и материальных затрат на разработку норм применяются различные методы технического нормирования.

Наиболее распространен *аналитический метод* обоснования технической нормы, предполагающий ее представление в виде функциональной зависимости от определяющих факторов. Поэтому норма как функция выражает учет существенных, постоянно действующих факторов. Обоснованность нормы будет во многом зависеть от того, насколько объективно выявлен состав факторов и диапазон их изменения.

Достоинство нормы как функции от некоторых факторов заключается в том, что такая норма углубляет возможность оптимизации нормируемого процесса и может быть применима для долгосрочного планирования.

Данный метод нормирования может применяться с использованием соответствующего математического аппарата: теории вероятности, математической статистики, математического моделирования, теории массового обслуживания, математического программирования и др.

Аналитические зависимости нормы от факторов отражают основные, принципиальные связи между нормируемой величиной и условиями, в которых эксплуатируется флот, поэтому аналитический метод считается надежным, а результаты аналитического расчета – достоверными и объективными. Вместе с тем для частных случаев аналитический метод может дать недостоверные результаты, так как влияние каких-то особых местных условий может быть отличным от основных зависимостей, на основе которых получено аналитическое выражение. В этом заключается основной недостаток аналитического метода.

Другим методом обоснования норм по эксплуатации флота является *опытно-статистический*. Он основан на использовании многократно повторенных фактических значений нормируемой величины, получаемых из путевых журналов, различных отчетных документов диспетчерского аппарата, данных оперативного и статистического учета. Среднее значение какой-либо величины, полученное на основе большого числа фактических данных, вполне может быть использовано при обосновании соответствующей технической нормы. Обычно опытно-статистическим методом устанавливают укрупненные нормы без расчленения на отдельные элементы, например продолжительность оборота или рейса, валовое время портовой обработки флота, шлюзования и т. д. Недостатком опытно-статистического метода является то, что в качестве исходной информации о нормируемой величине используются данные о завершённом транспортном процессе. Поэтому применение данного метода допустимо в том случае, если заведомо известно, что в период, на который устанавливаются нормы, не произойдет существенных изменений в условиях осуществления транспортного процесса по сравнению с периодом, в течение которого были получены исходные данные для обоснования норм.

В практике нормирования широкое распространение получил и *метод натуральных наблюдений*. Натурные наблюдения, осуществляемые непосредственно на рабочем месте, позволяют не только получить достоверные данные для обоснования норм, но и выявить условия, при которых достигаются наилучшие показатели. Посредством метода натуральных наблюдений можно детально изучить влияние различных факторов на отдельные операции транспортного процесса. Благодаря использованию данного метода может быть получен богатый материал о передовом опыте, выявлены резервы сокращения затрат времени на каждую транспортную операцию.

Наибольшую актуальность данный метод нормирования получает в тех случаях, когда требуется нормировать процессы отражающие местные условия и когда отсутствует достаточное количество статистических

данных о нормируемой величине, то есть, когда два вышеописанных метода не могут быть применимы.

Необходимое число натуральных наблюдений какой-либо величины, на

5.3 Техническое нормирование загрузки флота

техническую норму исследуемой величины зависит от степени разброса ее значений (коэффициента вариации). Так, например, наиболее устойчивой операцией транспортного процесса является время хода судна или состава, поэтому для получения достаточно достоверного значения нормы времени хода на каком-либо участке, необходимо иметь, ориентировочно, от 10 до 23 фактических значений времени хода судна (состава) на данном участке с одинаковой во всех случаях загрузкой. Менее устойчивыми являются технологические операции, особенно ожидание грузовой обработки, шлюзования, формирования состава и некоторые другие, поэтому с целью получения достоверной технической нормы требуется и большее число наблюдений.

Значения коэффициентов вариации для некоторых операций, выполняемых транспортными судами, и соответственно требуемое число наблюдений для определения нормы продолжительности операций приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Зависимость требуемого числа наблюдений за операцией от коэффициента вариации нормируемых значений и требуемой точности

Нормируемая операция	Коэффициент вариации значений	Необходимое число наблюдений при доверительной вероятности	
		$\delta = 0,05$	$\delta = 0,10$
Ход	0,1	16	6
Загрузка	0,4	256	60
Разгрузка	0,5	400	100
Шлюзование	0,2	64	15
Пропуск через шлюз	0,6	576	150
Технические операции	0,2	64	15
Технологические операции	1,0	1600	400

Естественно, что с целью повышения объективности нормирования и снижения негативного влияния недостатков перечисленных методов их можно использовать совместно. Так, например, результаты опытно-статистического метода могут выступать в качестве промежуточных ограничений в математических моделях аналитического метода, а результаты натуральных наблюдений – в качестве основы для формирования исходных параметров этих моделей.

5.3 Техническое нормирование загрузки флота

Технической нормой загрузки грузового судна называется максимальное количество груза, которое может быть размещено в грузовых помещениях и на открытой палубе судна при определенных технических характеристиках флота, свойствах груза и условиях плавания.

Норму загрузки судна заданным видом груза аналитически устанавливают, учитывая два основных ограничения: по грузоподъемности судна и по гарантированной глубине водного пути:

$$Q_s = \min(Q_s^B; Q_s^T), \quad (5.1)$$

где Q_s^B – максимальное количество заданного груза, которое может быть размещено в грузовых помещениях и на палубе судна, т;

Q_s^T – максимальное количество груза, при котором судно может безопасно двигаться по участку водного пути с заданной гарантированной глубиной, то есть при выполнении неравенства

$$T_s \leq H_T - \Delta h, \quad (5.2)$$

где T_s – эксплуатационная осадка судна, м;

H_T – минимальная гарантированная глубина судового хода на всем протяжении водного пути, м;

Δh – норма минимального запаса воды под днищем судна (таблицы 5.2, 5.3), устанавливаемая по требованиям обеспечения безопасности судоходства по водному пути.

Таблица 5.2 – Нормы минимальных запасов воды под днищем судов на свободных реках и каналах

Типы судов	Глубина судового хода, м		
	до 1,5	1,5–3,0	свыше 3,0
<i>На свободных реках</i>			
Самоходные суда и толкаемые составы	0,10	0,15	0,20
Суда для перевозки нефтепродуктов I класса или взрывчатых веществ:			
при песчаном и галечном грунте	0,10	0,15	0,20
при каменистом грунте	0,15	0,20	0,25
Несамостоятельные суда на буксире:			
при песчаном, глинистом и галечном грунте	0,05	0,10	0,15
при каменистом грунте	0,10	0,15	0,20
Плотовые составы (при любом грунте)	0,20	0,25	0,30
<i>На каналах</i>			
Все суда и составы	0,15	0,20	0,30

Таблица 5.3 – Нормы минимальных запасов воды под днищем судов в судоходных шлюзах

Тип шлюза	Глубина заложения короля, м	Минимальный запас воды под днищем судна, м
Деревянный	До 1,0	0,10
	Свыше 1,0	0,15
Каменный и железобетонный	До 2,5	0,25
	Свыше 2,5	0,40

Тогда, зная величину осадки судна в груженом состоянии T_p , значение Q_Γ можно установить по одной из формул:

– если неравенство (5.2) выполняется, то судно может безопасно двигаться на всем протяжении водного пути загруженным на полную грузоподъемность Q_p , то есть

$$Q_\Gamma = Q_p; \quad (5.3)$$

– если неравенство (5.2) не выполняется, то максимальное количество груза, при котором судно может безопасно двигаться по данному участку водного пути определяется формулой

$$Q_\Gamma = \frac{Q_p}{(T_p - T_o)} (T_o - T_o), \quad (5.4)$$

где T_o – осадка судна в порожнем состоянии, м.

Максимальное количество груза, которое может быть размещено на судне Q_s^B можно определить, например, путем сравнения удельной грузоемкости судна w_c и удельного погрузочного объема груза $w_{гр}$.

Удельная грузоемкость судна определяет объем его грузовых помещений, предназначенный для размещения одной тонны грузоподъемности (рисунок 5.1, а) и рассчитывается по формуле (2.9). Удельный погрузочный объем груза – объем, который занимает одна тонна данного груза. Таким образом, чем груз легче, тем большее значение принимает его удельный погрузочный объем (рисунок 5.1, б–г), например, удельный погрузочный объем древесных опилок составляет $4,10 \text{ м}^3/\text{т}$, а кирпича – $0,44 \text{ м}^3/\text{т}$.

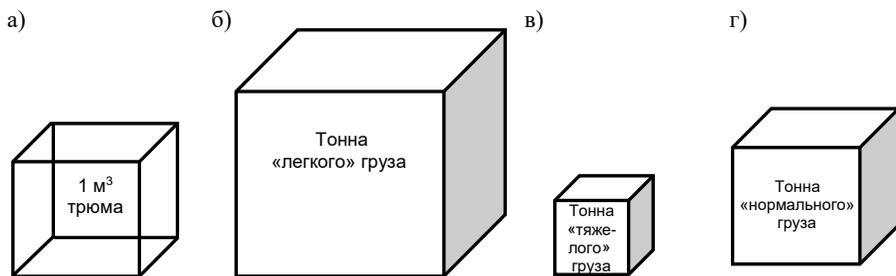


Рисунок 5.1 – Графическая интерпретация соотношения удельной грузоподъемности судна и удельного погрузочного объема груза:
 а – удельная грузоподъемность судна; б – удельный погрузочный объем «легкого» груза;

v – удельный погрузочный объем «тяжелого» груза; z – удельный погрузочный объем «нормального» груза

Грузовместимостью судна называется суммарный объем всех грузовых помещений и (или) объем пространства над палубой, в котором можно разместить грузы, не уменьшая зону видимости судового хода из рубки. Грузовместимость судна аналитически можно определить по формуле

$$V_c = k_T V_{тр} + k_n S_n \overline{h_{скл}}, \quad (5.5)$$

где k_T – коэффициент использования объема трюмов перевозимым грузом;
 $V_{тр}$ – объем трюмов судна, м³;
 k_n – коэффициент полноты штабеля груза при размещении его на палубе;
 S_n – площадь грузовой палубы судна, м²;
 $\overline{h_{скл}}$ – средняя высота складирования груза на палубе, определяемая с учетом допустимой удельной нагрузки на палубу, устойчивости судна и видимости судового хода из рубки, м.

Если грузовое судно является трюмным и палуба судна не приспособлена к перевозке на ней груза, то второй одночлен формулы (5.5) принимает нулевое значение. Если же судно является, например, теплоходом-площадкой, то, соответственно, нулевое значение принимает первый одночлен.

На практике, коэффициенты k_T и k_n принимают различные значения в зависимости от судна, характеристик и рода груза, от схемы размещения его на судне и ряда других факторов. Поэтому в эксплуатационных расчетах при определении грузовой вместимости флота для большей точности рекомендуется использовать графический метод, который заключается в определении объема занимаемого грузом в грузовых помещениях и (или) на палубе по графическому аппроксимированному изображению штабеля (рисунок 5.2) или плана размещения грузовых мест на судне (грузового плана).

На основании сравнения удельной грузовой вместимости судна и удельного погрузочного объема груза можно сделать заключение о том, является данный груз «тяжелым» или «легким» относительно данного судна. Исходя из определения удельной грузовой вместимости, если $w_c < w_{тр}$, то данный груз является «легким» (то есть при загрузке судна таким грузом он займет всю грузовой вместимость судна, но при этом грузоподъемность судна будет использована не полностью, рисунок 5.1, б), если $w_c > w_{тр}$, то груз является «тяжелым» (при загрузке им судна его грузоподъемность будет использоваться полностью, а грузовой вместимость – не полностью, рисунок 5.1, в), если же $w_c = w_{тр}$, то данный груз является «нормальным» для данного судна (при загрузке им судна и грузоподъемность, и грузовой вместимость судна используются полностью, рисунок 5.1, г).

Установив значения w_c и $w_{гр}$, значение параметра Q_3^B может быть определено следующим образом:

– если $w_c < w_{гр}$, то судно не может быть загружено таким «легким» грузом на полную грузоподъемность, так как ограничивающим фактором оказывается его грузместимость. В этом случае максимальное количество заданного груза, которое может быть размещено в грузовых помещениях и на палубе судна определяется по формуле

$$Q_3^B = \frac{V_c}{w_{гр}}; \quad (5.6)$$

– если $w_c \geq w_{гр}$, то таким «тяжелым» грузом судно может быть загружено на полную грузоподъемность, то есть

$$a) \quad Q_3^B = Q_p. \quad (5.7)$$

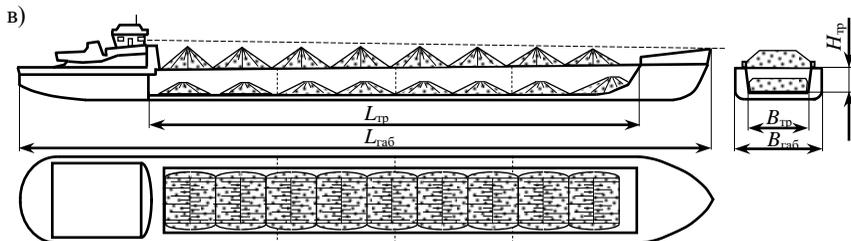
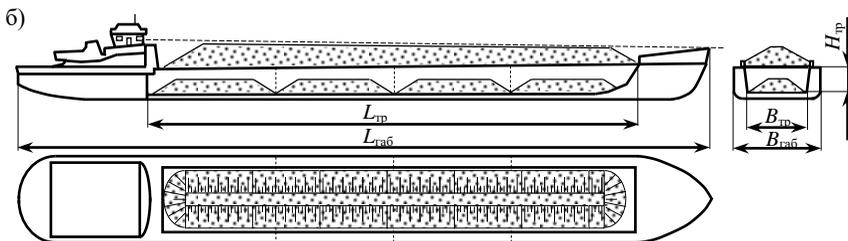
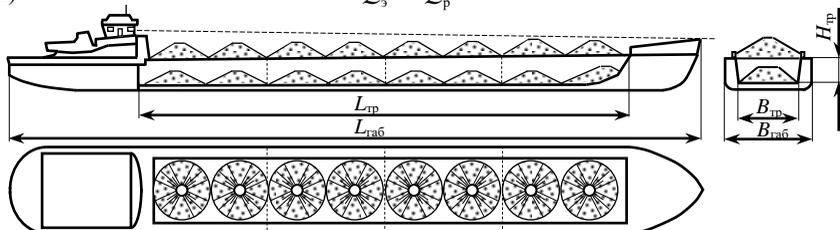


Рисунок 5.2 – Схемы размещения навалочных грузов в судне:
а – горками (конусами); б – продольным штабелем; в – поперечными грядками

Для определения нормы загрузки судна при одновременной перевозке грузов разных видов с различными удельными погрузочными объемами и, соответственно, разными доходными ставками, рекомендуется использовать следующую методику.

Для заданного судна строится эпюра загрузки. На рисунке 5.3, для пояснения данной методики, представлены частные случаи эпюры загрузки судна: загрузка одним родом груза («тяжелым», «нормальным» и «легким»). Точке A соответствует полное использование грузоподъемности и грузовместимости судна, точке A_1 – полное использование грузоподъемности судна и частичное грузоподъемности, точке A_2 – полное использование грузоподъемности и частичное грузоподъемности.

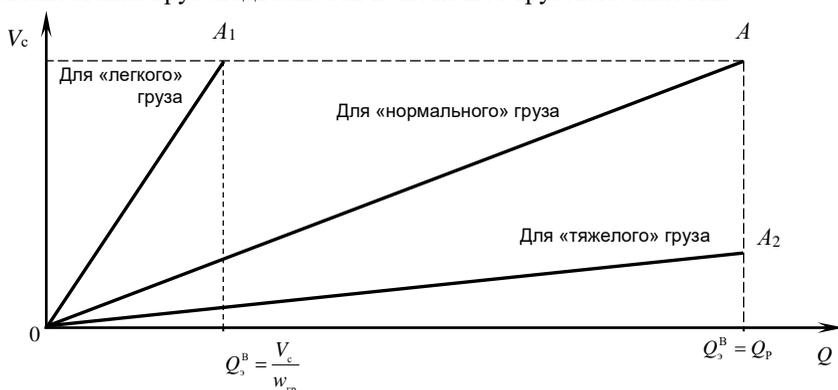


Рисунок 5.3 – Эпюры загрузки судна одним типом груза

Задача оптимальной загрузки грузового судна несколькими грузами является решенной, если судно загружено до значения регистражной грузоподъемности при полном использовании грузоподъемности, поэтому, основываясь на положении аналитической геометрии: сумма проекций отрезков ломаной линии на оси координат равна проекции замыкающей, построив эпюру загрузки судна, как показано на рисунке 5.4 (произведя параллельный перенос прямой OA_2 до пересечения с точкой A), можно утверждать, что задача решена.

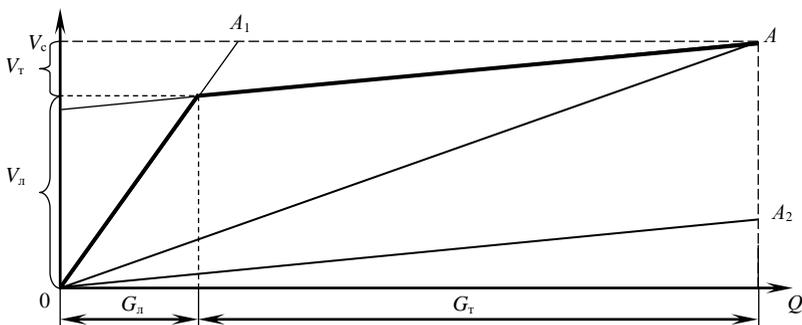


Рисунок 5.4 – Эпюра загрузки судна двумя видами груза (легким и тяжелым)

В соответствии с построенной эпюрой можно сделать вывод, что оптимальная загрузка судна будет наблюдаться при погрузке легкого груза в размере $G_{л}$, тяжелого – $G_{т}$ тонн, при занимаемом объеме $V_{л}$ и $V_{т}$, соответственно.

Задача оптимальной загрузки судна по вышеописанной методике для нескольких типов груза может иметь множество вариантов решений, как показано на рисунке 5.5. В данном случае, для выбора оптимального варианта решения поставленной задачи возникает необходимость применять экономико-математические методы.

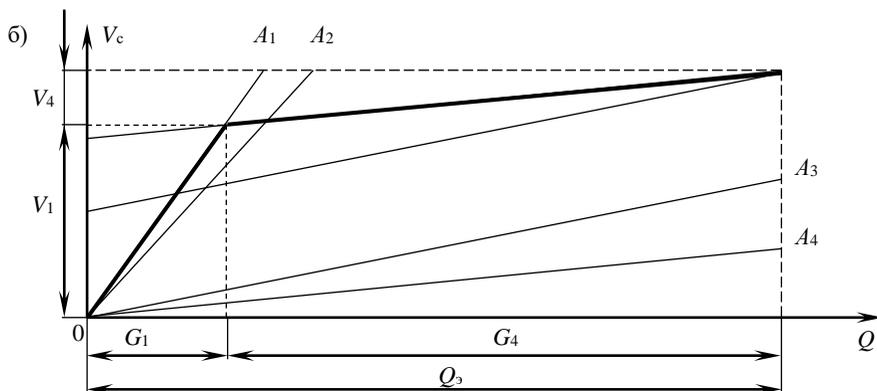
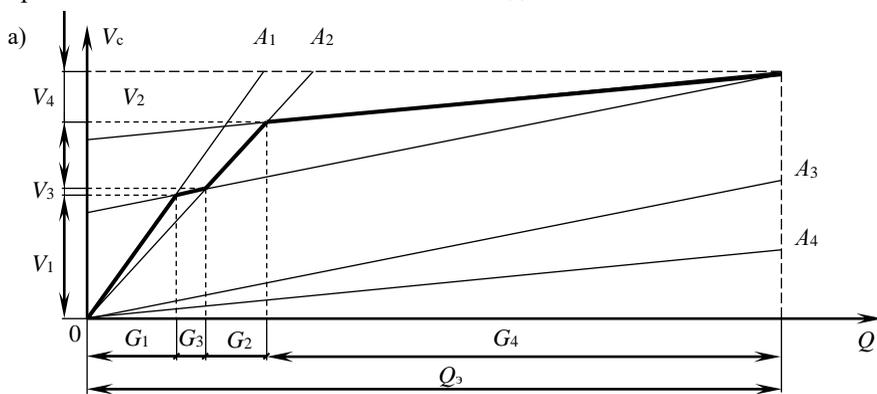


Рисунок 5.5 – Варианты эпюр загрузки типового судна:

a – типовое судно загружено четырьмя грузами массой и грузовместимостью, соответственно, G_1, G_2, G_3, G_4 ($G_1 + G_2 + G_3 + G_4 = Q_3$) и V_1, V_2, V_3, V_4 ($V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = V_c$); b – типовое судно загружено двумя грузами из четырех, массой и грузовместимостью G_1, G_4 ($G_1 + G_4 = Q_3$) и V_1, V_4 ($V_1 + V_4 = V_c$)

Решение задачи оптимальной загрузки судна графическим методом рассматривается на следующем примере.

Пример. К перевозке предоставлено четыре груза: G_1, G_2, G_3 и G_4 , с удельными погрузочными объемами, соответственно 2,8, 4,2, 0,7 и 0,3 м³/т, со средними доходными ставками на перевозку: 89, 52, 112 и 63 у.д.е./т. Требуется решить задачу оптимальной загрузки судна грузовой вместимостью 2700 м³ и грузоподъемностью 1600 т, где в качестве критерия оптимальности выступает доход от перевозки.

Решение.

По формуле (2.9) определяется удельная грузовой вместимость судна:

$$q = \frac{2700}{1600} = 1,69 \text{ м}^3/\text{т}.$$

На основании сравнения удельной грузовой вместимости судна и удельного погрузочного объема груза устанавливается, что представленные к перевозке грузы G_1 и G_2 являются «легкими», а G_3 и G_4 – «тяжелыми».

Для «легких» грузов, по формуле (5.6), определяется максимальное количество груза, которое может быть размещено в грузовых помещениях судна:

$$Q_{3,1}^B = \frac{2700}{2,8} = 964 \text{ т},$$

$$Q_{3,2}^B = \frac{2700}{4,2} = 643 \text{ т}.$$

а для «тяжелых» – грузовой вместимость, которую займет груз массой равной грузоподъемности судна, по формуле

$$V^{\text{тп}} = Q_p W_{\text{тп}}, \quad (5.8)$$

то есть

$$V_3^{\text{тп}} = 1600 \cdot 0,7 = 1120 \text{ м}^3/\text{т};$$

$$V_4^{\text{тп}} = 1600 \cdot 0,3 = 480 \text{ м}^3/\text{т}.$$

На основании рассчитанных данных строятся эпюры загрузки судна данными грузами (рисунок 5.6).

Как было отмечено ранее, данная задача является многовариантной. Для определения оптимального варианта требуется рассмотреть все варианты, при которых полностью используется грузоподъемность и

грузовместимость судна, рассчитать доходы от перевозки каждого вида груза в количестве, определяемом вариантом, а затем просуммировать эти доходы по варианту. Оптимальный вариант загрузки судна определяется максимальным значением доходов при полном использовании грузоподъемности и грузовой емкости.

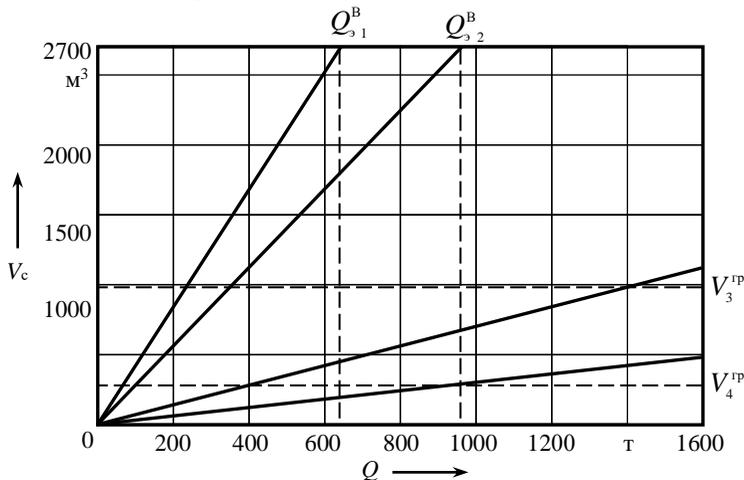


Рисунок 5.6 – Эпюры загрузки судна одним из представленных к перевозке грузов

Для рассмотрения возможных вариантов загрузки судна, по аналогии с рисунком 5.5, строится эпюра загрузки судна несколькими грузами (рисунок 5.7).

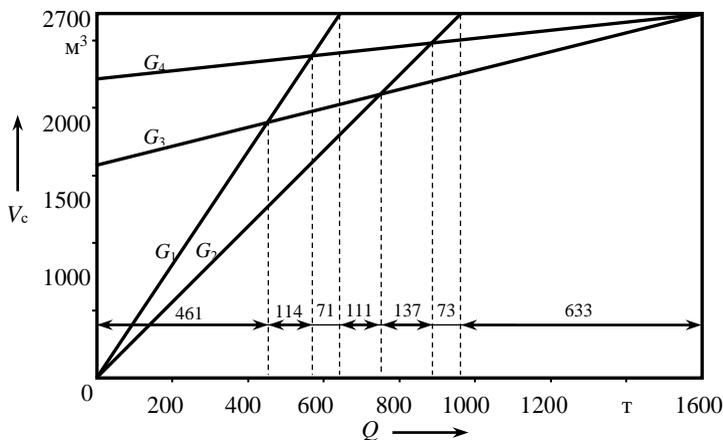


Рисунок 5.7 – Эпюры загрузки судна одним из представленных к перевозке грузов

На основании данных эпюры, представленной на рисунке 5.7, рассматриваются возможные варианты загрузки судна, характеристики которых сводятся в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Варианты загрузки судна грузами

Вариант г	Количество груза погружаемого в судно, т				Доходы от перевозки груза, тыс. у.д.е.				Эксплуатационная загрузка судна по варианту, т	Доходы от перевозок по варианту, тыс. у.д.е./судно
	G_1	G_2	G_3	G_4	G_1	G_2	G_3	G_4		
1	461	0	1139	0	41	0	128	0	1600	169
2	575	0	0	1025	51	0	0	65	1600	116
3	0	757	843	0	0	39	94	0	1600	133
4	0	894	0	706	0	46	0	44	1600	90
5	461	137	296	706	41	7	33	44	1600	125

По данным таблицы 5.4 можно заключить, что оптимальная загрузка судна наблюдается при погрузке в него груза G_2 в количестве 757 т и груза G_3 в количестве 843 т (рисунок 5.8).

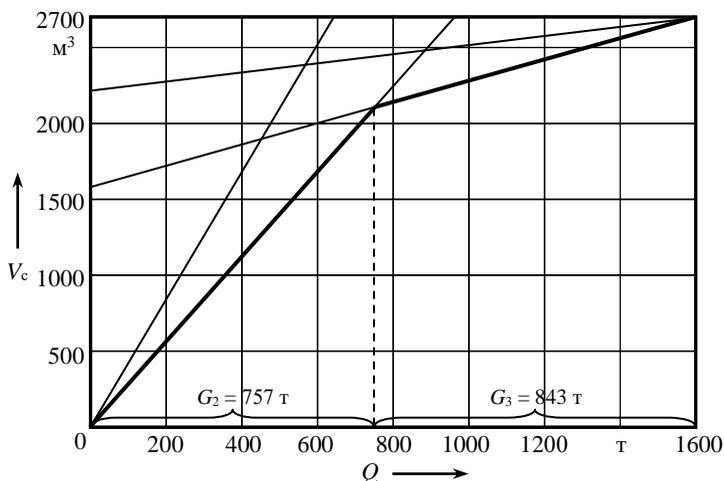


Рисунок 5.8 – Эпюры оптимальной загрузки судна

Данный вариант загрузки судна позволяет полностью использовать его грузоподъемность и грузоподъемность, и при этом от перевозки будет получен доход в размере 133 тыс. у.д.е.

При загрузке судна разнообразными грузами, отдельными их партиями или вагонными отправлениями, причем назначением в различные пункты, рекомендуется составлять грузовой план судна (рисунок 5.9). *Грузовым планом судна* называется схематический чертеж продольного разреза и плана судна, в грузовых помещениях которого показано размещение отдельных партий груза (условно обозначаются цифрами, как показано на рисунке 5.9).

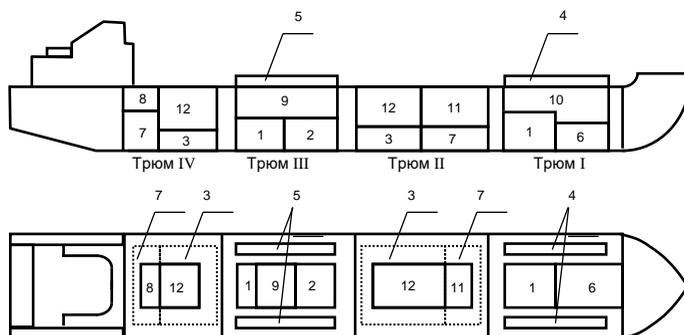


Рисунок 5.9 – Грузовой план судна

При составлении грузового плана учитываются расположение и объем трюмов судна и полезная площадь его палубы; характеристики и количество грузов (удельный погрузочный объем, упаковка, количество мест) по пунктам назначения; средства механизации перегрузочных работ во всех пунктах грузовой обработки судна.

Грузовой план судна должен предусматривать полную сохранность перевозимых грузов, наилучшее использование грузоподъемности и грузоместимости судна, удобство и сроки загрузки или разгрузки судна в начальном, промежуточных и конечном пунктах рейса, соблюдение правил техники безопасности и пожарной безопасности.

Партии грузов назначением в разные пункты должны быть размещены в трюме судна в обратной последовательности географического расположения пунктов их назначения.

При осуществлении загрузки или разгрузки судна в портах особое внимание уделяется техническим условиям грузовых работ, которые, в свою очередь, должны быть учтены и при нормировании. Разработка технических условий загрузки судна базируется на следующих основных принципах:

- обеспечение требуемой прочности судна и его навигационных и эксплуатационных характеристик, например, недопущение крена, дифферента и ухудшения обзора из рубки;

- обеспечение наиболее полного использования регистрационной грузоподъемности или загрузки судна до установленной осадки;
- производство перегрузочных работ с максимальной производительностью, обеспечивающей наименьшую продолжительность грузовой обработки судна;
- соблюдение при перегрузочных работах правил техники безопасности и пожарной безопасности.

Первые два требования выполняются при соответствующем распределении груза по длине и ширине грузового пространства (рисунок 5.10) с соблюдением обеспечения требуемой видимости из рубки и нагрузок на настил палубы, допустимых по прочности корпуса судна.

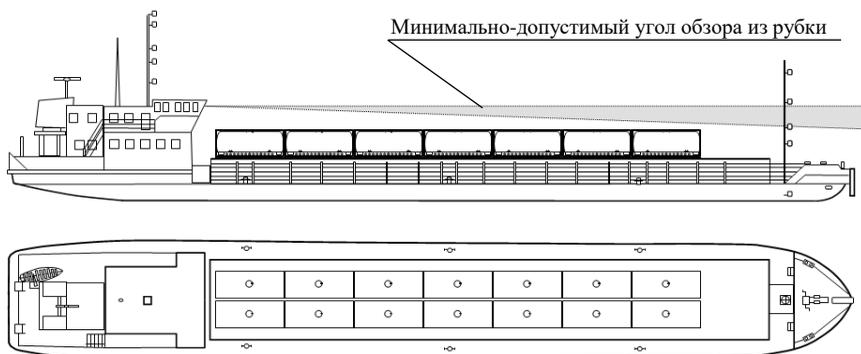


Рисунок 5.10 – Схема загрузки судна проекта 95065 контейнерами-цистернами

Наибольшая производительность грузовой обработки достигается при размещении груза в судне, обеспечивающем применение рациональной технологии перегрузочных работ, предусматривающей:

- сокращение продолжительности рабочих циклов перегрузочных машин циклического действия;
- сокращение объемов и трудоемкости работ по зачистке трюмов от остатков груза;
- максимальное совмещение по времени выполнения основных и вспомогательных операций;
- оптимальную концентрацию перегрузочных установок при обработке судна.

С целью устранения порчи груза и снижения его загрязнения посторонними примесями суда, подаваемые под загрузку навалочных и лесных грузов, не должны содержать остатков от других грузов, а грузовые трюмы судов, направляемых под загрузку зерновыми грузами, солью,

цементом, должны быть тщательно зачищены, промыты водой и просушены.

Количество погруженного в судно груза определяется на причале по грузовой шкале (рисунок 5.11) как разница водоизмещения судна до начала и после окончания грузовых операций, с учетом изменения массы переменных нагрузок (балласт, топливо и другие судовые запасы).

Водоизмещение судна до начала и после окончания грузовых операций устанавливается по грузовой шкале в зависимости от средней осадки, определяемой по формуле

$$T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{нл}} + T_{\text{нп}} + 2T_{\text{сл}} + 2T_{\text{сп}} + T_{\text{кл}} + T_{\text{кп}}}{8}, \quad (5.9)$$

где $T_{\text{нл}}$, $T_{\text{нп}}$, $T_{\text{кл}}$, $T_{\text{кп}}$ – соответственно измеренная осадка в носовой и кормовой частях судна по левому и правому бортам, м;

$T_{\text{сл}}$, $T_{\text{сп}}$ – измеренная осадка в средней части судна (по мидель-шпангоуту), соответственно, по левому и правому бортам, м.

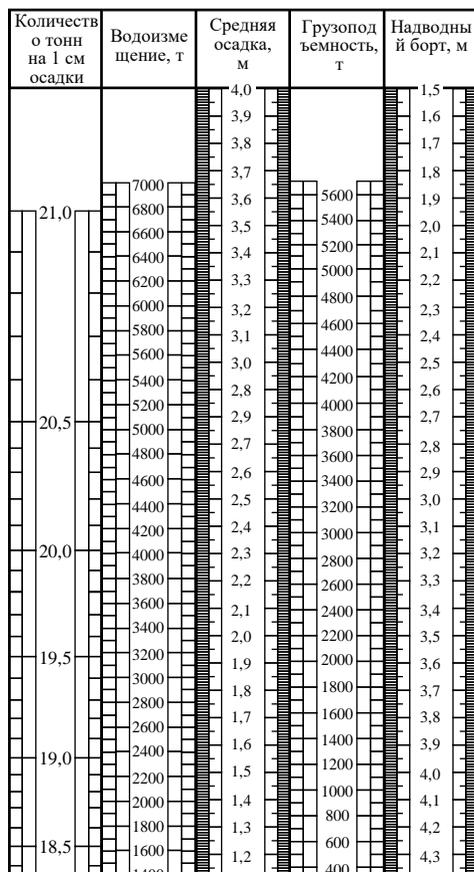


Рисунок 5.11 – Грузовая шкала судна с регистрационной грузоподъемностью 5600 т

Таким образом, нормы загрузки флота устанавливаются для каждого типа грузового судна, рода перевозимого в нем груза и с учетом путевых условий между пунктами водного пути. Учитывая, что в течение навигации путевые условия как правило меняются, то при организации работы флота на навигацию нормирование должно осуществляться с учетом этих изменений, то есть по периодам, устанавливаемых по графику колебания уровней воды за предыдущие годы (см. рисунок 1.10).

5.4 Техническое нормирование скорости и продолжительности движения флота

Техническая норма продолжительности движения судна по участку водного пути с относительно постоянными условиями судоходства

$$t_x = \frac{L}{U}, \quad (5.10)$$

где L – протяженность участка с относительно постоянными условиями судоходства, км;

U – техническая норма скорости движения флота на данном участке, км/сут.

Технической нормой скорости грузового самоходного судна или состава является его скорость относительно берега – *техническая скорость*, устанавливаемая по типам судов (составов) в зависимости от участка пути, направления движения и загрузки. Техническая скорость может быть определена по формуле

$$U = v \pm \omega, \quad (5.11)$$

где v – расчетная скорость судна (состава), км/сут;

ω – приращения (+) или потери (–) расчетной скорости, зависящие от направления движения, характеристик судоходного хода и изменения режима движения флота при встречах, обгонах, на перекатах, закруглениях судового хода, км/сут.

Величина ω при движении судна (состава) вниз считается положительной и называется приращением скорости, а при движении вверх – отрицательной и называется потерей скорости. Как правило, около 90 процентов значения величины приращения или потери скорости составляет скорость течения реки, остальное – прочие факторы, частично указанные выше.

5.4.1 Определение расчетной скорости движения грузового самоходного судна

Расчетная скорость грузового самоходного судна на глубокой спокойной воде для груженого $v_{гр}$ и порожнего состояния v_0 является его

паспортной характеристикой. Значения расчетной скорости грузового самоходного судна при иных значениях эксплуатационной грузоподъемности и, соответственно, осадки могут быть получены графически (рисунок 5.12) или по формулам линейной интерполяции

$$v = v_{гр} + \frac{v_0 - v_{гр}}{T_0 - T_p} (T_p - T_3), \quad (5.12)$$

$$v = v_0 + \frac{v_{гр} - v_0}{Q_p} Q, \quad (5.13)$$

где v_0 – скорость судна в порожнем состоянии, км/ч;

T_0 – осадка и грузоподъемность судна в порожнем состоянии, м;

$v_{гр}$ – скорость судна в груженом состоянии, км/ч;

T_p , Q_p – регистрационные осадка и грузоподъемность, м;

T_3 , Q_3 – эксплуатационные осадка и грузоподъемность судна, м.

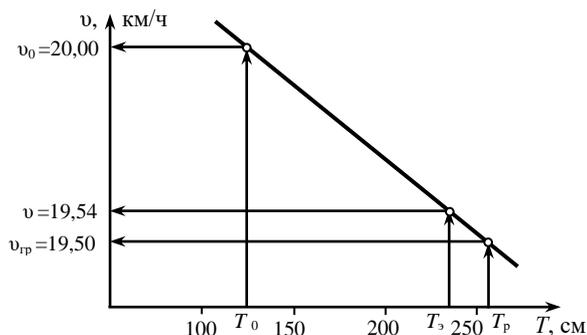


Рисунок 5.12 – Определение расчетной скорости судна (состава) при различной его загрузке

В оперативных производственных условиях значения скорости при различной осадке, соответствующей определенной загрузке теплохода, получают из специальных диспетчерских справочников по флоту, в которых скорость рассчитана по формулам (5.12), (5.13).

5.4.2 Учет влияния навигационной обстановки на техническую скорость судов и составов

Важными условиями, оказывающими влияние на техническую скорость движения флота на участке, являются навигационные условия, и, прежде всего, навигационная обстановка. Навигационная обстановка бывает освещаемой, светоотражающей и неосвещаемой. В последнем случае

движение флота по участку водного пути возможно только в светлое время суток, то есть, с момента восхода солнца до момента захода его за географический горизонт, что существенно снижает норму скорости движения флота. Данный аспект может быть учтен в величине потерь и приращения скорости движения судна (состава), однако, нагляднее снижение скорости вследствие простоя флота в темное время суток учитывать в виде понижающего коэффициента.

Естественно, что величина данного коэффициента устанавливается на основании статистической обработки данных о продолжительности светлого времени суток, которая варьируется в широких пределах в зависимости от региона, на территории которого располагается эксплуатируемый водный путь. С учетом данного аспекта при нормировании скорости должна быть применена следующая формула:

$$U = k_{\text{св}} (v \pm \omega), \quad (5.14)$$

где $k_{\text{св}}$ – коэффициент, учитывающий снижение нормы скорости при движении его по водному пути с неосвещаемой навигационной обстановкой.

Один из вариантов определения коэффициента $k_{\text{св}}$ рассмотрен на примере.

Пример. Определить коэффициент, учитывающий снижение технической скорости движения флота по участку водного пути с неосвещаемой навигационной обстановкой по территории Республики Беларусь в течение навигационного периода.

Решение.

Навигационный период на территории Республики Беларусь начинается с апреля и продолжается до ноября месяца. В соответствии с данными метеорологического центра периоды восхода и захода солнца сводятся в таблицу 5.5, а изменение продолжительности светлого времени суток $t_{\text{св}}$ за навигацию представлено на диаграмме (рисунок 5.13).

Таблица 5.5 – Данные о продолжительности светлого времени суток

Месяц года	Декада	Время, час-мин		Продолжительность светлого времени суток, час	Доля светлого времени суток
		Восхода солнца	Захода солнца		
Апрель	1	5-11	18-45	13,57	0,57
	2	4-49	19-03	14,23	0,59
	3	4-28	19-20	14,87	0,62
Май	1	4-10	19-37	15,45	0,64
	2	3-54	19-52	15,80	0,66
	3	3-42	20-06	16,40	0,68
Июнь	1	3-35	20-17	16,70	0,70
	2	3-33	20-22	16,82	0,70

	3	3-37	20-22	16,75	0,70
--	---	------	-------	-------	------

Окончание таблицы 5.5

Месяц года	Декада	Время, час-мин		Продолжительность светлого времени суток, час	Доля светлого времени суток
		Восхода солнца	Захода солнца		
Июль	1	3-46	20-17	16,52	0,69
	2	3-58	20-06	16,13	0,67
	3	4-12	19-52	15,67	0,65
Август	1	4-30	19-32	15,03	0,63
	2	4-46	19-12	14,43	0,60
	3	5-03	18-50	13,78	0,57
Сентябрь	1	5-21	18-24	12,72	0,53
	2	5-38	18-01	12,38	0,52
	3	5-55	17-37	11,70	0,49
Октябрь	1	6-12	17-14	11,03	0,46
	2	6-29	16-52	10,38	0,43
	3	6-48	16-31	9,72	0,40
Ноябрь	1	7-08	16-12	9,07	0,38
	2	7-25	15-58	8,55	0,36
	3	7-41	15-48	8,12	0,34

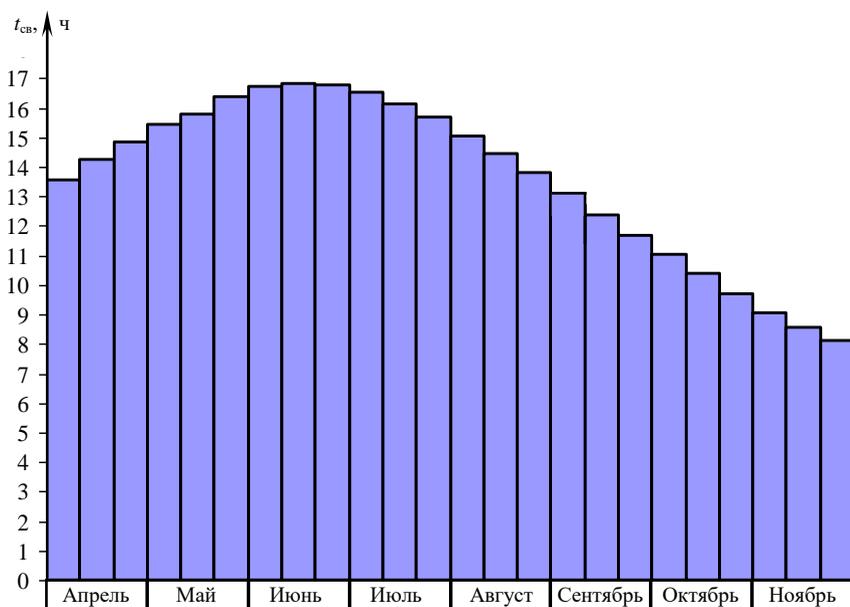


Рисунок 5.13 – Гистограмма распределения продолжительности светлого времени суток по декадам и месяцам навигационного периода

Как видно из таблицы, доля светлого времени суток варьируется от 34 до 70 процентов. Поэтому, если коэффициент $k_{св}$ устанавливать на весь навигационный период, как математическое ожидание, то величина отклонения будет значительной, как и погрешность нормирования. Так, математическое ожидание доли светлого времени суток за период с апреля по ноябрь определяется по формуле

$$M = \frac{1}{24} \sum_{j=4}^{11} \sum_{i=1}^3 \alpha_{свij}, \quad (5.15)$$

где $\alpha_{свij}$ – доля светлого времени суток в j -м месяце в i -й декаде;

$$M = 0,566.$$

Среднее квадратическое отклонение данной величины

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=4}^{11} \sum_{i=1}^3 (\alpha_{свij} - M)^2}{24}}, \quad (5.16)$$

для данных таблицы 5.5

$$\sigma = 0,115.$$

Коэффициент вариации, характеризующий рассеивание исследуемой величины,

$$v = \frac{\sigma}{M}, \quad (5.17)$$

для исследуемой выборки

$$v = 0,21.$$

Таким образом, согласно расчетам, коэффициент, учитывающий снижение нормы скорости при движении его по водному пути с неосвещаемой навигационной обстановкой $k_{св} = 0,556$ со средним квадратическим отклонением $\sigma = 0,115$.

С целью снижения негативного воздействия наблюдаемого отклонения нормируемой величины рекомендуется навигационный период разбивать на несколько периодов, для каждого из которых устанавливать значение коэффициента $k_{св}$, например, на два: с апреля по июль и с августа по ноябрь. Естественно, что чем меньше продолжительность такого периода, тем меньший будет наблюдаться разброс исследуемой величины, что позитивно сказывается на точности технического нормирования.

Значения коэффициента $k_{св}$ и параметров, рассчитываемых по формулам (5.13)–(5.17) для нескольких периодов навигации, приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Расчет коэффициента $k_{св}$ для различных периодов навигации

Период навигации	Значение	Среднее	Коэффициент
------------------	----------	---------	-------------

	коэффициента $k_{св}$	квадратическое отклонение σ	вариации ν
Апрель – июль	0,656	0,044	0,067
Август – ноябрь	0,476	0,096	0,202

Окончание таблицы 5.6

Период навигации	Значение коэффициента $k_{св}$	Среднее квадратическое отклонение σ	Коэффициент вариации ν
Апрель – июнь	0,651	0,049	0,075
Июль – сентябрь	0,594	0,071	0,120
Октябрь – ноябрь	0,395	0,045	0,114
Апрель – май	0,627	0,042	0,067
Июнь – июль	0,685	0,021	0,031
Август – сентябрь	0,557	0,053	0,095
Октябрь – ноябрь	0,395	0,045	0,114

Таким образом, исходя из физического смысла коэффициента $k_{св}$, важнейшим параметром при его объективном определении является период времени, для которого осуществляется техническое нормирование, и чем меньше этот период, тем более точными оказываются результаты нормирования.

5.4.3 Определение расчетной скорости движения составов самоходных судов

Расчетная скорость состава зависит, прежде всего, от сопротивления воды его движению и тяговых характеристик буксира-толкача, а сопротивление воды, в свою очередь, зависит от формы счала состава, числа барж или секций, их загрузки и многих других факторов. Данные характеристики и параметры могут быть установлены на основании тяговых расчетов.

Процесс движения судна (состава) характеризуется непрерывным изменением размера движущей силы F_d и силы сопротивления воды его движению ΣR . Увеличение или уменьшение соотношения между этими величинами вызывает изменение скорости судна (состава) ν и режима его движения. В движении баржевого состава, как и любого транспортного судна, выделяют три режима: ускоренное ($F_d > \Sigma R$), установившееся ($F_d = \Sigma R$) и замедленное ($F_d < \Sigma R$) (рисунок 5.14).

При решении тяговых задач все расчеты совершаются для установившегося движения, так как этот режим преобладает над другими по временным характеристикам. Учитывая, что скорость есть функция от сопротивления $\nu = \gamma(\Sigma R)$ и движущей силы $\nu = \Psi(F_d)$, то, зная значения этих функций, графическое решение тяговой задачи сводится к нахождению

точки пересечения их графиков, то есть, когда выполняется условие установившегося движения судна (состава).

Сопrotивление воды движению состава несамоходных судов зависит от ряда характеристик самого состава и факторов, в которых осуществляется его перемещение: от формы счала состава, от формы образования носовой и кормовой оконечности отдельных барж состава, от количества барж и их загрузки, от глубины участка, по которому осуществляется судоходство, от величины волнения и многих других. При этом расхождение значений данной величины для одного и того же состава барж, загруженных на определенный уровень, при различных прочих условиях может составлять до 25 %.

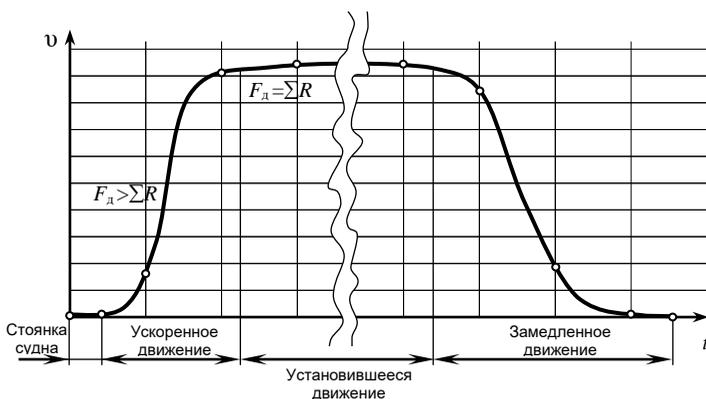


Рисунок 5.14 – Режимы движения состава (судна)

Стремление при нормировании скорости движения составов к учету максимального числа факторов, влияющих на сопротивление воды его движению, приводит к увеличению сложности применяемых методик. Данный факт определяет важность определения уровня требуемой точности выполнения нормирования, в зависимости от которой выбирается и метод расчета сопротивления воды движению состава.

Для упрощения методик нахождения скорости состава при заданных его характеристиках в теорию тяговых расчетов введены понятия приведенного сопротивления движению судна r и приведенной силы тяги f . Сила тяги F_T – эквивалент движущей силы, применяемый к составам, то есть $F_T = F_d$.

Приведенным сопротивлением называется сопротивление воды движению судна или состава, приведенное к скорости движения равной 1 м/с. По аналогии, приведенная сила тяги – это сила тяги, приведенная к той же скорости. Следовательно, функция $r = \alpha(v)$ является линейной и зависит только от осадки, для варианта же с постоянной осадкой (самый распространенный вариант тяговых расчетов) r – также постоянная

величина, и, следовательно, зная значения функций $r = \alpha(v)$ и $f = \delta(v)$ тяговую задачу можно решить графически (рисунок 5.15).

На рисунке 5.15 графически представлено пересечение приведенной силы тяги f с горизонтальными прямыми приведенного сопротивления состава r с грузом (точка А) и в порожнем состоянии (точка Б). Проецирование этих точек на ось абсцисс позволят определить расчетную скорость состава соответственно с грузом $v_{гр}$ и в порожнем состоянии – v_0 .

С учетом вышеописанной методики, решение тяговой задачи аналитически осуществляется по следующему алгоритму :

1 Устанавливаются исходные данные для расчета.

В качестве исходных данных выступают :

- вид состава (толкаемый или буксируемый);
- количество барж в составе;
- типы несамоходных судов;
- форма счала судов в составе;
- величина осадки каждой баржи.

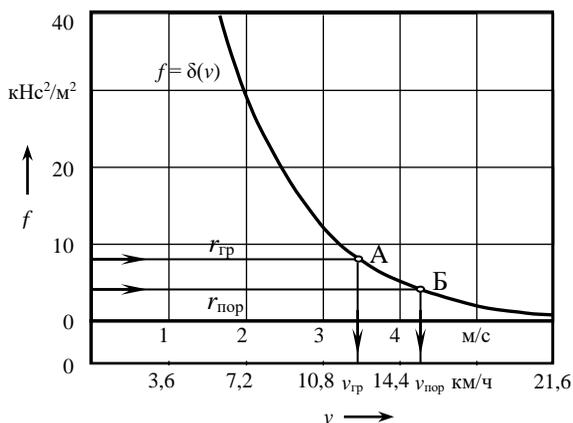


Рисунок 5.15 – Графическое решение задачи определения расчетной скорости движения состава

2 Рассчитывается приведенное сопротивление воды движению состава в кНс²/м² по формуле

$$r = k_{сч} \sum_{i=1}^n r_{w/c i}, \quad (5.18)$$

где n – количество судов в составе;

$k_{сч}$ – коэффициент счала;

$r_{н/c i}$ – приведенное сопротивление воды движению i -й баржи, $\text{кНс}^2/\text{м}^2$.

Значения приведенного сопротивления воды движению несамоходного флота определяются заводом изготовителем судна и приводятся в специальных справочниках.

Значение коэффициента счала в зависимости от формы состава и вида транспортирования (толканием или буксированием) устанавливается по данным таблицы 5.7.

3 Принимая во внимание, что $f = r$ (установившееся движение), по данным тяговых строк (тяговых характеристик буксира-толкача, устанавливаемых заводом-изготовителем и приводящихся в справочниках) строится график зависимости приведенной силы тяги от скорости движения соответствующего буксира-толкача и графически определяется значение расчетной скорости v движения состава.

Таблица 5.7 – Значение коэффициентов счала для составов

Вид счала состава с толкачем (Т) или буксировщиком (Б)	Толкаемый состав		Буксируемый состав	
	в груженом состоянии	в порожнем состоянии	в груженом состоянии	в порожнем состоянии
Т(Б) + 1	0,90	0,97	0,90	1,00
Т(Б) + 1 + 1	0,78	0,92	0,85	0,96
Т(Б) + 1 + 1 + 1	0,68	0,90	0,75	0,94
Т(Б) + 2	0,86	0,94	1,05	0,98
Т(Б) + 2 + 1	0,80	0,92	0,86	0,98
Т(Б) + 2 + 2	0,74	0,90	0,84	0,98
Т(Б) + 1 + 2 + 1	0,72	0,90	0,78	0,96

Следует отметить, что при выполнении расчетов возможна ситуация, когда графики функций приведенной силы тяги и приведенного сопротивления воды движению состава несамоходных судов не пересекутся в области ограниченной максимальной скоростью движения буксира-толкача. Это объясняется тем, что для толкания данного состава используется чрезмерно мощный теплоход, что в итоге, в следствие нерациональности такой перевозки, может привести к снижению эксплуатационных и экономических показателей работы флота. В этом случае, для повышения качества перевозки требуется обосновать выбор другого буксира-толкача (с меньшей мощностью), либо увеличить грузовую массу состава путем выбора барж с большей регистрационной грузоподъемностью.

Выше приведена одна из наиболее распространенных тяговых задач, однако в эксплуатационной практике часто приходится решать и другие, которые решаются по аналогии, но в несколько иной последовательности.

К основным тяговым задачам относятся:

1) определение расчетной скорости движения состава на глубокой спокойной воде, когда известны толкач (буксир) и баржи, из которых должен быть сформирован толкач;

2) выбор состава для заданного толкача (буксира) при условии, что состав должен двигаться с установленной скоростью движения;

3) выбор толкача (буксира) для заданного состава при условии, что состав должен двигаться с установленной скоростью движения.

5.4.4 Учет влияния мелководья, волнения и кривизны русла на техническую скорость судов и составов

Как отмечалось ранее, в случае необходимости более детального учета факторов, влияющих на норму скорости движения состава, можно применять поправочные коэффициенты, учитывающие изменение установленной расчетной скорости движения состава при движении его по мелководью и при сильном волнении и ветре. В этом случае для определения технической скорости движения состава применима следующая формула:

$$U = k_{\text{св}} (k_{\text{м}} k_{\text{в}} v \pm \omega), \quad (5.19)$$

где $k_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий влияние на скорость мелководья;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий влияние ветра и волнения.

Влияние мелководья на скорость состава определяется коэффициентом $k_{\text{м}} \leq 1$, выражающим отношение скоростей движения на мелководье и глубокой спокойной воде. Величина данного коэффициента зависит от глубины водного пути h и осадки барж в составе $T_{\text{з}}$, отношение которых принято называть *относительной глубиной*.

Вследствие различия глубин по участкам водного пути коэффициент $k_{\text{м}}$ определяется для каждого такого участка, как функция $k_{\text{м}} = f(h/T_{\text{з}}, v)$. Данная зависимость выражается сложной функциональной связью, поэтому для определения ее значения на практике используют диаграммы, представленные на рисунке 5.16.

Так, по диаграмме, изображенной на рисунке 5.16, *а*, в зависимости от расчетной скорости состава определяют переходную (граничную) глубину $h_{\text{гр}}$. Данная глубина называется так потому, что ограничивает режим движения судна или состава с расчетной скоростью, так как при продолжении движения его с такой скоростью и при условии $h < h_{\text{гр}}$ судно должно касаться дна реки, что не может быть допустимо.

Для определения значения переходной (граничной) скорости на ось ординат диаграммы (см. рисунок 5.16, *а*) наносится точка *а*, соответствующая расчетной скорости движения состава, и из нее проводится горизонтальная линия до пересечения с линией граничных

глубин (точка b). Из точки b опускается перпендикуляр до пересечения с осью абсцисс в точке c , которая и определяет граничную глубину.

Если $h < h_{гр}$, то вместо расчетной скорости v (использовать которую недопустимо) состав должен двигаться с *допустимой скоростью* $v_{доп}$, которая развивается толкачем (буксиром) с составом при сниженной мощности главных двигателей.

Для определения допустимой скорости, на диаграмме (см. рисунок 5.16, а) на оси абсцисс откладывается точка d , соответствующая глубине участка водного пути, и из нее восстанавливается перпендикуляр до пересечения с кривой, соответствующей относительной глубине h/T_3 (точка e). Затем, из полученной точки проводится горизонтальная линия до пересечения с осью ординат в точке f , которая и является допустимой скоростью движения состава на данном участке.

Если глубина участка больше переходной глубины, то есть $h > h_{гр}$, то необходимость изменения скорости движения состава не возникает, однако вследствие влияния мелководья на сопротивление воды его движению, расчетная скорость достигаться не будет, что требует определения *достижимой скорости*, учитывающей коэффициент k_m :

$$v_{дост} = k_m v. \quad (5.20)$$

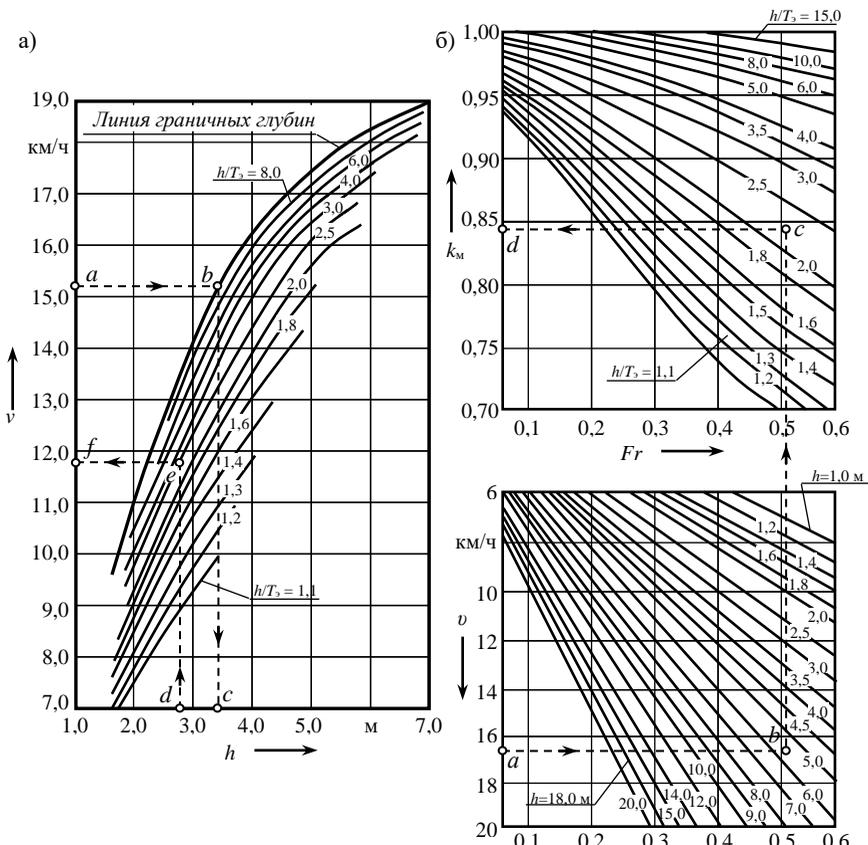


Рисунок 5.16 – Диаграммы приближенного определения влияния мелководья на скорость движения судна (состава):

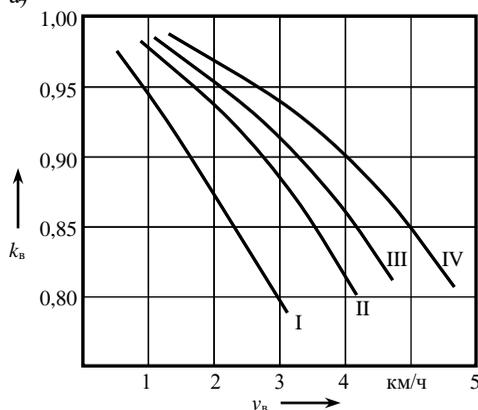
a – диаграмма для определения допустимой скорости судов и составов на мелководье;

б – диаграмма для определения коэффициента потери скорости судов и составов на мелководье

Значение коэффициента k_m устанавливается по диаграмме, представленной на рисунке 5.16, *б*. Для этого в нижней части диаграммы на оси ординат откладывается точка *a*, соответствующая расчетной скорости движения состава. Затем из полученной точки проводится горизонтальная линия до пересечения с линией, соответствующей глубине участка водного пути (точка *b*). Из данной точки восстанавливается перпендикуляр до пересечения его в верхней части диаграммы с линией относительной глубины h/T , в точке *c*. Значение искомого коэффициента k_m определяется положением точки *d*, полученной при построении горизонтальной линии из точки *c* до пересечения с осью ординат.

При движении состава по водохранилищам и озерам на их техническую скорость существенное влияние оказывает влияние скорость ветра и волнение. Влияние данных факторов на скорость состава учитывается коэффициентом k_v , который приблизительно можно установить по диаграмме, представленной на рисунке 5.17, используя при этом в качестве исходных данных отношение скорости ветра к расчетной скорости движения состава

v_B/v .



б)

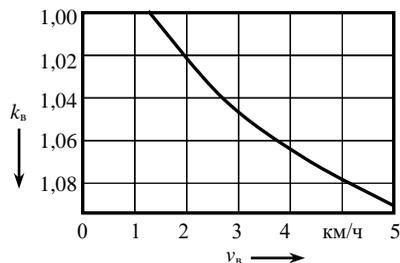


Рисунок 5.17 – Диаграмма для определения коэффициента потери и приращения скорости судов и составов от ветра и волнения:

a – при движении против ветра и волн; b – при движении по ветру; I – пассажирские суда; II – грузовые теплоходы; III – составы из сухогрузных барж; IV – составы из наливных барж

Все вышеприведенные методики нормирования скорости движения состава рассматривались для условий полной загрузки барж или при их порожнем состоянии. Однако состав несамходных судов может быть сформирован и из судов загруженных до регистрационной грузоподъемности, и из порожних, и из частично загруженных судов. Такой способ формирования состава накладывает определенные сложности на расчет сопротивления воды его движению и, соответственно, на нормирование скорости его движения. В данном случае, можно применять следующую методику.

При отсутствии информации о тяговых характеристиках толкача (буксира) и неравномерной загрузке барж в составе, скорость его движения может быть установлена по формуле

$$v_{\text{TM}} = v_p k_T k_M, \quad (5.21)$$

где v_p – расчетная скорость состава на глубокой спокойной воде при полной загрузке барж (секций), км/ч;

k_T – коэффициент, учитывающий повышение скорости состава при неполной загрузке и в порожнем состоянии барж (секций).

Расчетная скорость состава v_p , в свою очередь, может быть рассчитана по формуле

$$v_{\text{TM}} = \frac{\xi N^{0,333} d^{0,083} k_{\text{сч}}}{Q_p^{0,133} a_x a_N}, \quad (5.22)$$

где ξ – коэффициент скорости, принимаемый для секционных составов и грузовых теплоходов с баржей-приставкой 5,0, а для баржевых составов – 4,8;

N – общая мощность главных двигателей толкача, кВт;

d – диаметр гребных винтов толкача, м;

$k_{\text{сч}}$ – коэффициент счала состава;

a_x – поправочный коэффициент на число гребных винтов: при двух винтах $a_x = 1,0$, при одном винте $a_x = 1,03$;

a_N – поправочный коэффициент, учитывающий влияние на скорость состава собственного сопротивления толкача

$$a_N = 1 + \frac{0,02N^{0,667}}{Q_p^{0,37} n_c}, \quad (5.23)$$

n_c – число барж (секций) в составе.

Коэффициент

$$k_T = \left(\frac{T_p}{T_3} \right)^{0,083}. \quad (5.24)$$

Коэффициент

$$k_M = \frac{h^3}{h^3 + 0,01v_p^2 T_p^{0,166} T_3^{0,034}}, \quad (5.25)$$

где h – глубина судоходного участка, м.

В случае толкания баржи-приставки грузовым теплоходом расчетную скорость состава можно рассчитать по формуле

$$v_{ct} = 1,04v_{tx} \sqrt{\frac{r_{tx}}{r_{ct}}}, \quad (5.26)$$

где v_{tx} – расчетная скорость одиночного грузового теплохода, км/ч;

r_{tx} – приведенное сопротивление воды движению одиночного грузового теплохода;

r_{ct} – приведенное сопротивление составного судна при соответствующих осадках теплохода и баржи-приставки,

$$r_{ct} = k_{сч} (r_{tx} + r_{вс}). \quad (5.27)$$

Приведенное сопротивление воды движению грузового теплохода

$$r_{tx} = 0,5\rho(\xi_{tp} + \xi_o)S, \quad (5.28)$$

где ρ – плотность пресной воды, принимаемая 1,04 т/м³;

ξ_{tp} – коэффициент сопротивления трения;

ξ_o – коэффициент остаточного сопротивления;

S – площадь смоченной поверхности обшивки корпуса, м²,

$$S = L(0,55 + 0,45\delta^2)(B + 2T), \quad (5.29)$$

L, B, T – основные размерения корпуса теплохода, м;

δ – коэффициент полноты корпуса судна.

Кроме вышеперечисленных факторов на скорость движения флота некоторое влияние оказывает извилистость судового хода. Данное влияние невелико, но для меандрирующих русел может оказаться очень весомым.

На закруглениях судового хода наблюдается падение скорости судна или состава относительно воды вследствие увеличения сопротивления воды

движению судна, а также вследствие ухудшения условий работы двигателей из-за скоса потока, подтекающего к ним.

Характер движения судна на повороте реки сходен с движением на установившейся циркуляции радиуса R_c (рисунок 5.18), связанного с радиусом закругления судового хода на повороте реки R следующей зависимостью:

$$R_c = \frac{R}{1 + \frac{v_{\text{теч}}}{v}}, \quad (5.30)$$

где $v_{\text{теч}}$, v – соответственно, скорость течения (положительная при движении судна вниз) и скорость движения судна или состава на прямом курсе, км/ч.

Необходимо отметить, что на начальном участке поворота скорость движения судна или состава не успевает снизиться до величины соответствующей скорости на установившейся циркуляции радиуса R_c . С

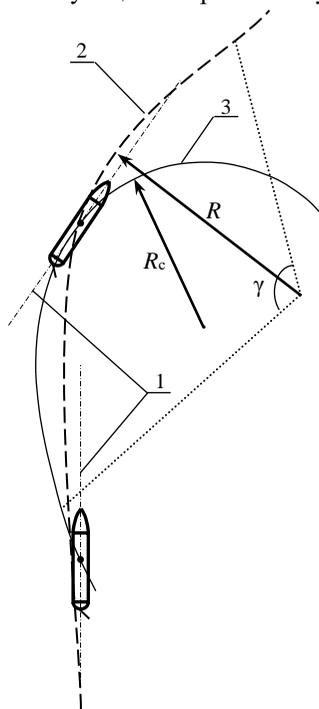


Рисунок 5.18 – Схема поворота судна:
1 – линия прямолинейного движения судна; 2 – линия судового хода; 3 – линия установившейся циркуляции судна

другой стороны, непосредственно после выхода из поворота скорость движения судна или состава ниже скорости движения на прямом курсе. Оба эти обстоятельства примерно компенсируют друг друга, поэтому при приближенных расчетах потери скорости на повороте реки неустановившийся характер движения судна можно не учитывать.

Скорость движения судна и состава в установившийся период циркуляции $v_{\text{ц}}$ можно установить из графика, изображенного на рисунке 5.19, где в качестве аргумента функции выступает отношение радиуса циркуляции к расчетной длине судна – *относительный радиус кривизны*.

При выполнении эксплуатационных расчетов большей значимостью обладает

не нормирование скорости движения судна или состава на отдельном повороте, а нормирование времени на преодоление кривизны на определенном участке водного пути. В этой связи ниже приводится алгоритм определения добавочного времени, требуемого для учета снижения скорости движения судна или состава по некоторому участку с несколькими поворотами:

1 Устанавливаются исходные данные: длина судна или состава L , скорость движения судна или состава на прямолинейном участке v , радиус кривизны судового хода на поворотах R_i , скорость течения реки $v_{\text{теч}}$, протяженность поворота, которая может быть определена по формуле

$$l_i = R_i \gamma_i, \quad (5.31)$$

где γ – угол поворота судового хода.

2 По формуле (5.30) определяется радиус эквивалентной установившейся циркуляции R_c .

3 По графику, представленному на рисунке 5.19, устанавливается величина относительной скорости движения судна (состава) в установившийся период циркуляции $v/v_{\text{ц}}$.

4 Определяется дополнительное время Δt_i , затрачиваемое на прохождение данного поворота вследствие искривленности судового хода, по формуле

$$\Delta t_i = \frac{l_i}{v_{\text{ц}}} - \frac{l_i}{v} = \frac{l_i}{v} \left(\frac{1}{\frac{v_{\text{ц}}}{v}} - 1 \right). \quad (5.32)$$

5 Полученные значения величины Δt_i суммируются по всем поворотам водного пути на линии движения судна или состава, в результате чего определяется суммарное добавочное время $\Delta t_{\text{вп}}$, необходимое для преодоления поворотов:

$$\Delta t_{\text{вп}} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^n l_i \left(\frac{1}{\frac{v_{\text{ц}}}{v}} - 1 \right), \quad (5.33)$$

где n – число поворотов реки на линии следования судна или состава.

Следует также отметить, что все вышеприведенные методики могут

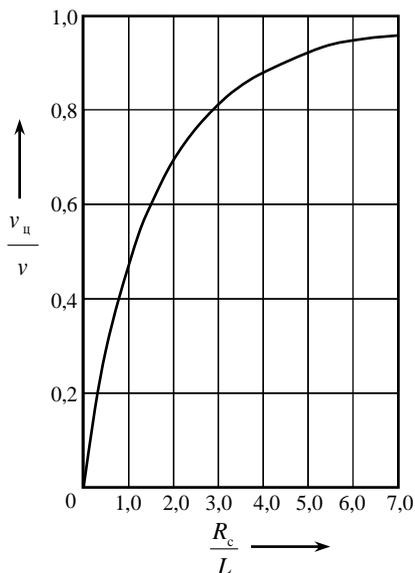


Рисунок 5.19 – График зависимости относительной скорости движения судна (состава) в установившийся период циркуляции от относительного радиуса кривизны

быть применимы только для общих условий, когда судно или состав принципиально не меняет режим движения вследствие учитываемого фактора. Так, например, в случае эксплуатации состава со значительной длиной относительно радиуса закругления судового хода, судоводители, как правило, используют способы судоходства с изменением скорости, а иногда и направления движения. В таких случаях нормирование времени прохождения затруднительного для судоходства участка должно учитывать местные условия и базироваться на применении метода натуральных наблюдений.

5.4.5 Решение тяговых задач для плотовых составов

Тяговые задачи для плотовых составов решаются по аналогии с буксирными и толкаемыми. Отличительной особенностью их решения является необходимость учета влияния длины буксирного троса на сопротивление воды движению состава и формы сплоченных единиц.

Наибольшее влияние на сопротивление воды движению плота оказывают его размеры и их соотношения, конструкция и расположение сплоченных единиц, форма плота, интервалы между сплоченными единицами, место закрепления буксирного троса, способы использования и тип тормозных приспособлений.

Сопротивление воды движению плота, движущегося в неограниченном потоке, при использовании оптимальной длины буксирного троса

$$R_{\infty \text{пл}} = v^2 (f_{\text{тр}} S_{\text{пл}} + \gamma \Omega), \quad (5.34)$$

где v – расчетная скорость движения плотового состава, м/с;

$f_{\text{тр}}$ – коэффициент сопротивления трения плота, Н/м³;

$S_{\text{пл}}$ – площадь условной смоченной поверхности плота, м²;

γ – коэффициент остаточного сопротивления плота;

Ω – площадь поперечного сечения плота, погруженная в воду, м²,

$$\Omega = \beta VT, \quad (5.35)$$

β – коэффициент полноты поперечного сечения плота;

V, T – соответственно, ширина и осадка плота, м.

Коэффициенты, используемые в формулах (5.34), (5.35), как отмечалось ранее, зависят, в основном, от характеристик плота и при выполнении приближенных расчетов могут приниматься из таблицы 5.8.

Таблица 5.8 – Значение коэффициентов для расчета сопротивления плота

Форма плота	Значение коэффициента		
	$f_{\text{тр}}, \text{Н/м}^3$	$\gamma, \text{Н/м}^3$	β
Многорядный прямоугольный	43,0	7200	1,0
Пучковый	43,0	6720	0,9
Сигарообразный	38,3	6720	0,9

Площадь условной смоченной поверхности плота определяется также в зависимости от его формы по формулам:

– для многорядных прямоугольных и пучковых плотов

$$S_{\text{пл}} = L(B + 2T), \quad (5.36)$$

где L – длина плота, м;

– сигарообразных плотов

$$S_{\text{пл}} = 0,9L(B + 2T). \quad (5.37)$$

Влияние на сопротивление движению плота водного потока, отбрасываемого движителем буксировщика, учитывается коэффициентом $k_{\text{дв}}$, зависящим от мощности буксирного судна и длины троса $l_{\text{тр}}$ (рисунок 5.20).

Влияние ветра и волнения на сопротивление воды движению плота при его буксировке по водохранилищам и озерам может быть учтено коэффициентом $k_{\text{вв}}$, устанавливаемым в зависимости от направления и скорости ветра, высоты волны $h_{\text{в}}$ и скорости перемещения плота v (рисунок 5.21).

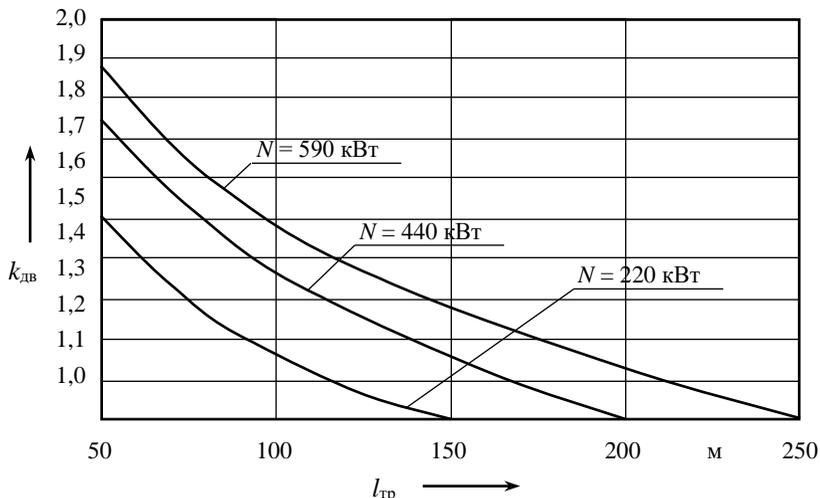


Рисунок 5.20 – График зависимости коэффициента $k_{\text{дв}}$ от длины буксирного троса и мощности буксировщика N

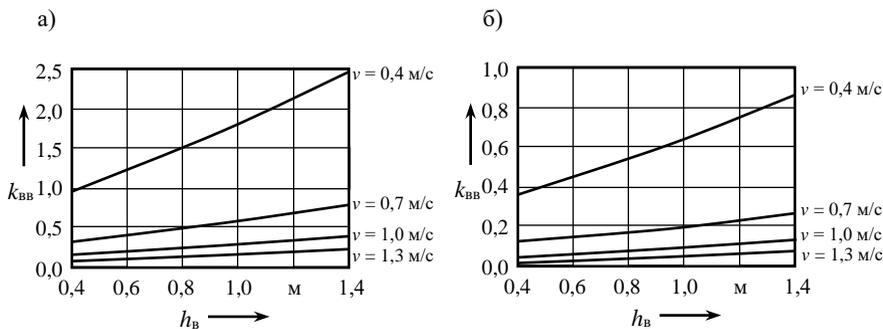


Рисунок 5.21 – Графики зависимости коэффициента $k_{\text{вв}}$ от высоты волны $h_{\text{в}}$ и скорости перемещения плота v :

a – при перемещении плота во встречном ветре; b – при перемещении плота в попутном ветре

Таким образом, сопротивление воды движению плота с учетом вышеуказанных факторов

$$R_{\text{пл}} = k_{\text{дв}} k_{\text{вв}} R_{\infty \text{пл}}. \quad (5.38)$$

Дальнейшие расчеты выполняются аналогично алгоритмам тяговых расчетов для составов несамоходных судов.

5.5 Техническое нормирование продолжительности обработки флота в портах

5.5.1 Техническое нормирование продолжительности грузовых операций

Нормы времени на выполнение грузовых операций зависят от нормы загрузки грузового судна и судо-часовых норм. *Судо-часовая норма* – среднее количество груза (в тоннах), которое может быть погружено в

Методика нормирования продолжительности грузовых операций транспортного судна судно или выгружено из него за один час стоянки под грузовыми операциями. Судо-часовые нормы

подразделяются на единые (общие) и специальные: первые устанавливают на основе сложившейся технологии перегрузочных работ и технической вооруженности причалов в целом по отрасли речного транспорта в данном регионе, а вторые – для судов, обрабатываемых на специализированных причалах, оснащенных высокопроизводительными перегрузочными машинами. Судо-часовые нормы устанавливают с учетом конструкции судов, их грузоподъемности и рода перевозимого груза.

При нормировании продолжительности грузовых операций с судами следует учитывать, что в судо-часовые нормы, помимо времени обработки, входит также время на подготовительные, заключительные и другие операции, связанные с выполнением грузовых работ, например, установка и разборка мостков, сепарация и крепление груза, укладка прокатных дорожек, слани, настила.

Зная значение судо-часовой нормы можно установить *техническую норму продолжительности грузовой обработки*

$$t_{з(р)} = \frac{Q_3}{B_{п(в)}}, \quad (5.39)$$

где Q_3 – эксплуатационная грузоподъемность судна (техническая норма загрузки), т;

$B_{п(в)}$ – судо-часовая норма, т/ч.

Время грузовой обработки состава, сформированного из нескольких барж и постоянно закрепленного за тягой, зависит от соотношения числа грузовых судов в составе и числа взаимозаменяемых причалов в порту.

Если в порту имеется один причал, где может осуществляться обработка барж состава, то неизбежна последовательная обработка судов и время грузовой обработки состава в этом случае определяется по формуле

$$t_{з(р)}^c = \sum_{i=1}^n t_{з(р)i}, \quad (5.40)$$

где n – число самоходных судов в составе.

Если же в порту имеется число причалов равное или большее, чем число барж в составе, то продолжительность его грузовой обработки

$$t_{з(р)}^c = \max\{t_{з(р)1}; t_{з(р)2}; t_{з(р)3}; \dots; t_{з(р)n}\}. \quad (5.41)$$

Техническая норма времени на паузку (частичную отгрузку груза из судна)

$$t_{пзк} = \frac{Q_3 - Q_3^{пзк}}{B_{пзк}} = \frac{T_3 - T_3^{пзк}}{B_{пзк}} \cdot q, \quad (5.42)$$

где $Q_3^{пзк}, T_3^{пзк}$ – соответственно, эксплуатационная грузоподъемность, т, и осадка судна, м, после паузки;

$B_{пзк}$ – судо-часовая норма паузки, т/ч;

q – удельная грузоподъемность судна, т/м.

Судо-часовые нормы дают лишь усредненное значение продолжительности грузовой обработки. Более точно установить нормы времени грузовой обработки для конкретного судна, груза, порта и причала позволяет использование следующей формулы:

$$t_{з(р)} = \frac{Q_3}{P_3}, \quad (5.43)$$

где P_3 – эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочной машины, т/ч.

Методика расчета эксплуатационной производительности погрузочно-разгрузочной машины рассмотрена в п. 4.7.3. Ключевым параметром для ее определения является техническая производительность погрузочно-разгрузочной машины, выражающая количество тонн груза, которое может быть погружено в судно или выгружено из него за один час работы, по установленной технологии, без технологических перерывов и прочих остановок в работе.

Портовые перегрузочные машины по принципу действия делятся на две группы: периодического (циклического) и непрерывного действия.

Машины циклического действия (рисунок 5.22) перемещают груз отдельными партиями, выполняя несколько последовательных операций:

Расчет технической производительности погрузочно-разгрузочных машин циклического

захват, подъем и перемещение груза; его опускание и освобождение от захватного устройства; подъем, перемещение

и опускание захватного устройства для приема очередной партии груза. Работа такой машины состоит из повторяющихся циклов.

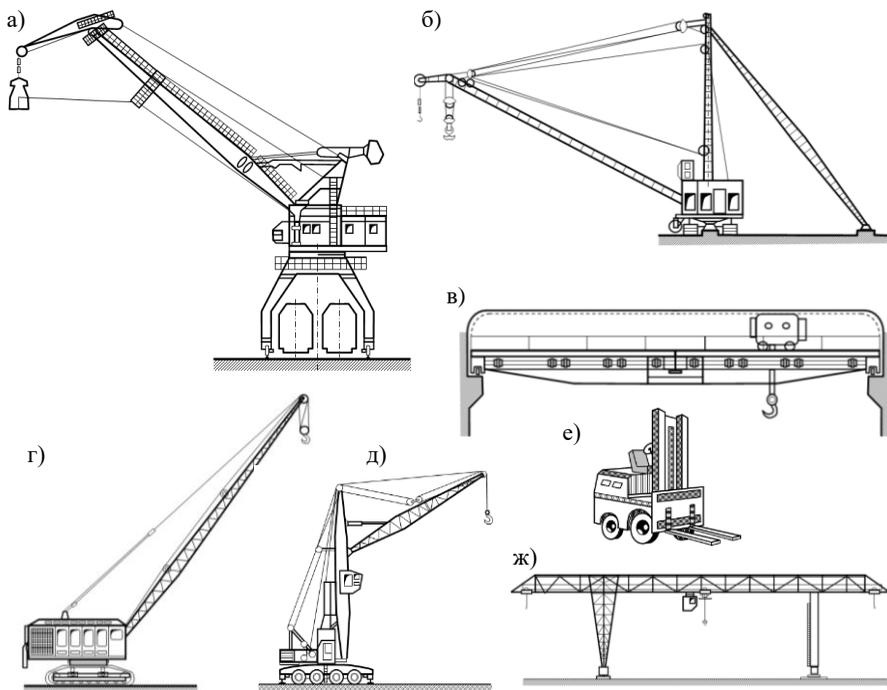


Рисунок 5.22 – Схемы погрузочно-разгрузочных машин циклического действия:
 а – порталный кран; б – мачтовый кран; в – гусеничный стреловой кран; г – пневмоколесный стреловой кран; д – мостовой кран; е – электропогрузчик; ж – козловой кран

По характеру перемещения груза машины периодического действия условно можно подразделить на три подгруппы: с одним рабочим движением – подъемом груза (подъемные лебедки, лифты, наклонные платформенные и ковшовые подъемники); с несколькими рабочими движениями – подъемом и горизонтальным перемещением груза (краны и перегружатели); специальные машины (вагоноопрокидыватели, бульдозеры, тягачи и др.).

Техническая производительность перегруженных машин циклического действия

$$P_{\tau} = \frac{3600 g_{\tau}}{T_{\text{ц}}}, \quad (5.44)$$

где g_{τ} – масса груза в одном подъеме погрузочно-разгрузочной машины, т;

$T_{ц}$ – продолжительность цикла машины, с.

Как видно из формулы (5.44), для повышения производительности грузовой обработки требуется уменьшать продолжительность цикла работы погрузочно-разгрузочной машины и (или) увеличивать массу подъема груза за один цикл.

Масса подъема груза определяется, в свою очередь, грузоподъемностью машины и не должна превышать ее за вычетом массы грейфера, поддонов и прочих грузозахватных приспособлений, используемых при выполнении грузовых работ, то есть

$$g_r \leq Q_k - g_{зх}, \quad (5.45)$$

где Q_k – грузоподъемность погрузочно-разгрузочной машины, т;

$g_{зх}$ – масса грузозахватных приспособлений, т.

Масса подъема груза, требуемая для определения технической производительности погрузочно-разгрузочной машины, зависит от типа используемого грузозахватного устройства и его характеристик. Перегрузочные машины циклического действия для работы с сыпучими, навалочными и лесными грузами оснащаются различного рода грейферами (рисунок 5.23), а с тарно-штучными и контейнерными грузами – стропами и крюковыми захватами (рисунок 5.24).

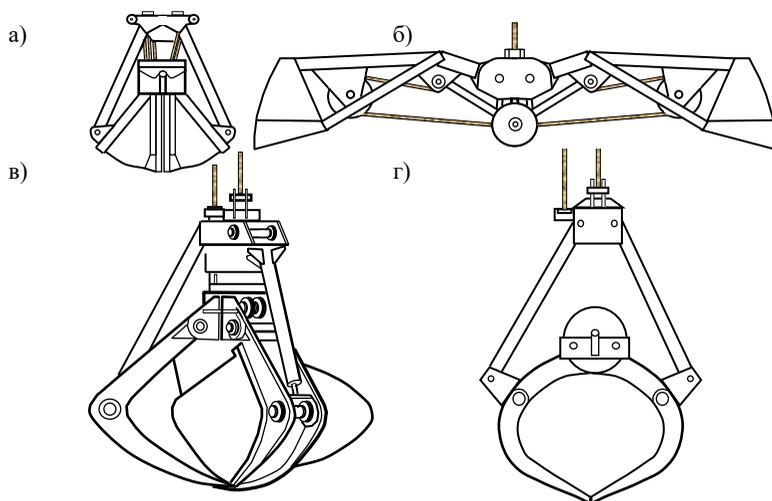


Рисунок 5.23 – Схемы грейферов с канатными приводами

Грейферы – грузозахватные органы, применяемые при перегрузке насыпных и навалочных грузов кранами. В речных портах в основном

используют грейферы с канатным приводом (двухчелюстные общего назначения, подгребающие, лесные, специальные многочелюстные).

Краны грузоподъемностью 5 т оснащают, как правило, двухканатными грейферами, а грузоподъемностью 10 т и более – четырехканатными (см. рисунок 5.23, а).

Особую группу составляют подгребающие двухчелюстные грейферы (см. рисунок 5.23, б), отличающиеся значительно большим размахом челюстей. Они предназначены для зачистки трюмов от остатков навалочного груза.

Трехчелюстной двухканатный грейфер (см. рисунок 5.23, в) используют для перегрузки металлолома, крупного камня и других аналогичных грузов. Круглые лесоматериалы россыпью перегружают трехлапым или многолапым двухканатным грейфером (см. рисунок 5.23, з).

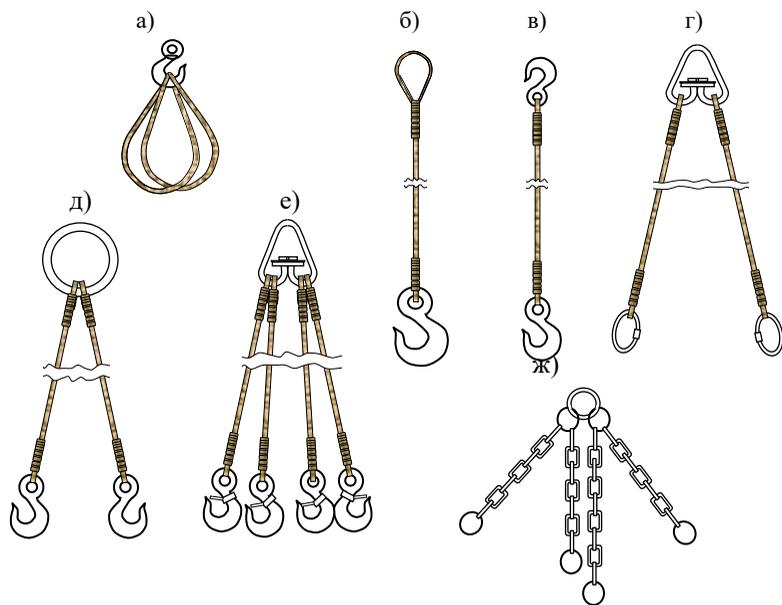


Рисунок 5.24 – Схемы стропов для перегрузки тарно-штучных грузов

Масса подъема сыпучего груза при применении грейфера зависит от удельного погрузочного объема груза, вместимости грейфера и степени ее использования:

$$g_r = \frac{V_{гф} k_3}{\omega_{гп}}, \quad (5.46)$$

где $V_{гф}$ – объем грейфера, м³;

k_3 – коэффициент заполнения грейфера;

$\omega_{гр}$ – удельный погрузочный объем груза, м³/т.

Масса подъема груза при перегрузке лесных грузов грейферными кранами

$$g_r = \frac{S_{гр} k'_3 l_l}{\omega_l}, \quad (5.47)$$

где $S_{гр}$ – площадь поперечного грейфера, м²;

k'_3 – коэффициент заполнения зева грейфера;

l_l – длина перегружаемого лесоматериала, м;

ω_l – удельный погрузочный объем леса, м³/т.

Для погрузочно-разгрузочных работ с тарно-штучными грузами широко используются различного рода стропы (см. рисунок 5.24).

Стропы бывают в виде кольцевого каната (см. рисунок 5.24, а), канатов, имеющих на одном конце коуш, а на другом крюк (см. рисунок 5.24, б) или на обоих концах крюки (см. рисунок 5.24, в). Стропы с коушем и крюком (крюками) используют для перегрузки короткомерного груза, длинномерных металлоконструкций, ящиков больших размеров. Вместо стропов с крюками также используют стропы с карабинами (см. рисунок 5.24, г).

Подвеска с двумя крюками (см. рисунок 5.24, д) состоит из двух стропов, надетых верхними петлями на кольцо из круглой стали. Используют подвески для грузов со специальными приспособлениями – рым-болтами, крюками, скобами, проушинами. Подвеску с четырьмя крюками (см. рисунок 5.24, е) применяют для перегрузки контейнеров, ящичных поддонов и других грузов, оборудованных четырьмя рымами и скобами.

Стропы из стальных канатов надежны в эксплуатации, но при работе скручиваются. Поэтому для перегрузки тяжелых грузов применяют цепные стропы (одно-, двух-, трех- и четырехветвевые, см. рисунок 5.24, ж).

При перегрузке тарно-штучных грузов, не сформированных в пакеты и не размещенных в контейнерах, масса подъема определяется непосредственно массой груза, а при перегрузке пакетов – по формуле

$$g_r = \frac{V_n}{\omega_{гр}}, \quad (5.48)$$

где V_n – объем сформированного пакета, м³.

Коэффициенты заполнения грейферов зависят от рода перегружаемого груза и его гранулометрического состава, места и условий захвата груза (штабель, судно, вагон, автомобиль), толщины слоя груза, конструкции и веса грейфера. Влияние факторов, зависящих от местных условий,

определяют необходимость определения данных коэффициентов с применением метода натуральных наблюдений.

При работе с навалочными и насыпными грузами масса подъема груза может варьироваться не только в зависимости от характеристик грейфера, но и от рода груза, а также этапов перегрузочного процесса. В этой связи, с целью повышения производительности выполнения грузовых работ, погрузочно-разгрузочные машины, оснащенные определенным грейфером, требуется специализировать под обработку какого-либо одного или группы грузов, схожих по своим весовым характеристикам (рисунок 5.25).

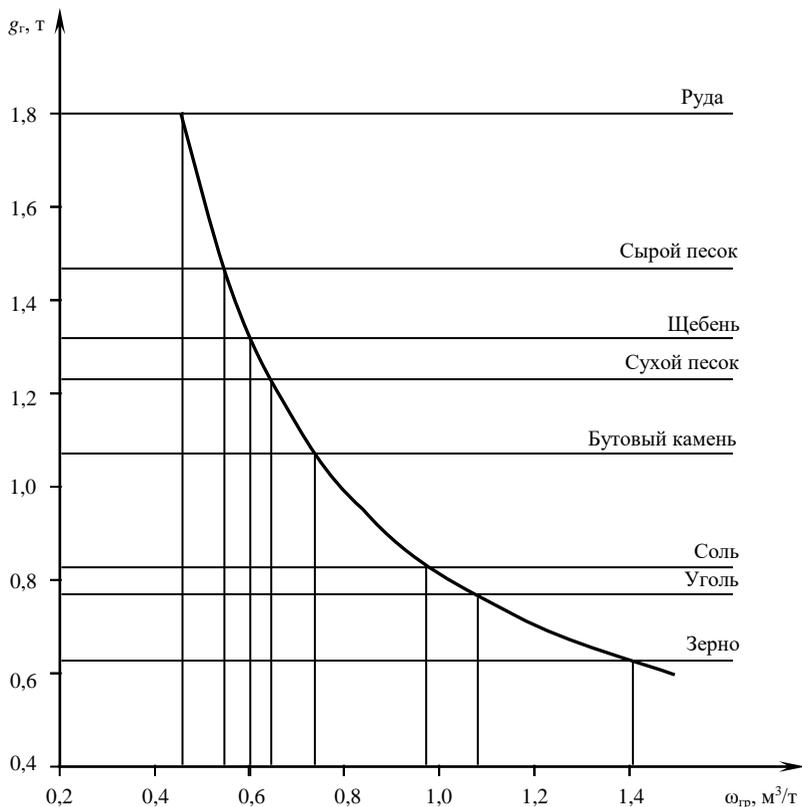


Рисунок 5.25 – График зависимости массы подъема грейферным краном от рода груза с заданным удельным погрузочным объемом:

Цикл работы погрузочно-разгрузочной машины составляют две группы операций: *машинные* (например, подъем и опускание груза или

грузозахватного приспособления без груза, поворот, подъем и опускание грузового органа машины, перемещение и поворот *машины*) и *машинно-ручные* (например, застропка и отстропка грузозахватного устройства, закрытие и открытие грейфера, установка грузозахватного устройства на грузе).

Продолжительность выполнения машинных операций цикла зависит от протяженности пути и скорости перемещения машины, грузового органа (например, стрелы крана), грузозахватного устройства. Протяженность пути, в свою очередь, во многом зависит от типа и характеристик судна (размеров трюма, степени его раскрытия, расположения груза в трюме), от вида грузовой операции (погрузка или выгрузка) и ее этапности (погрузка или выгрузка в трюм или из трюма, погрузка или выгрузка навалочных грузов по слоям), схемы механизации и варианта грузовых работ (судно – вагон и обратно, судно – судно, судно-склад и обратно).

Скорость перемещения определяется мощностью механизмов перемещения машины, подъема и опускания грузозахватного устройства, поворота, подъема и опускания грузового органа погрузочно-разгрузочной машины.

Продолжительность выполнения машинно-ручных операций во многом определяются родом груза и видом упаковки (навалочный, насыпной груз, контейнеры, пакеты, тяжеловесные, крупногабаритные и штучные грузы в непакетированном виде), а также от характера их перегрузочного процесса.

Протяженность пути перемещения груза погрузочно-разгрузочной машиной характеризуется:

- полной высотой подъема груза H_n ;
- полной высотой опускания груза H_o ;
- частью подъема груза $H_{н.п.}$, несовмещенной с поворотом грузового органа, определяемой высотой препятствия, мешающего совмещению подъема с поворотом (например, до выхода подъема груза за пределы трюма судна, борта полувагона);
- частью опускания $H_{н.о.}$, несовмещенной с поворотом грузового органа;
- углом поворота грузового органа α .

Значения величин, характеризующие пути перемещения груза краном, определяются в соответствии с конкретными условиями перегрузочного процесса и могут быть установлены по масштабным схемам его выполнения (рисунки 5.26, 5.27).

В процессе загрузки или разгрузки судна расстояния перемещения груза погрузочно-разгрузочной машиной изменяются, однако при нормировании, продолжительность цикла устанавливается для средних значений расстояний перемещения за все время загрузки, разгрузки судна или по этапам перегрузочного процесса.

Например, полная высота подъема груза при разгрузке судов исчисляется от середины слоя груза в судне до высоты необходимого подъема над уровнем причала, определяемой условиями выгрузки (см. рисунок 5.26):

$$H_{\text{п}} = h_{\text{с}} + h_{\text{сп}} + h_{\text{п}}, \quad (5.49)$$

где $h_{\text{с}}$ – средняя высота подъема груза в судне, м;

$h_{\text{сп}}$ – высота подъема груза от палубы судна до уровня причала, м;

$h_{\text{п}}$ – высота подъема груза над уровнем причала, м.

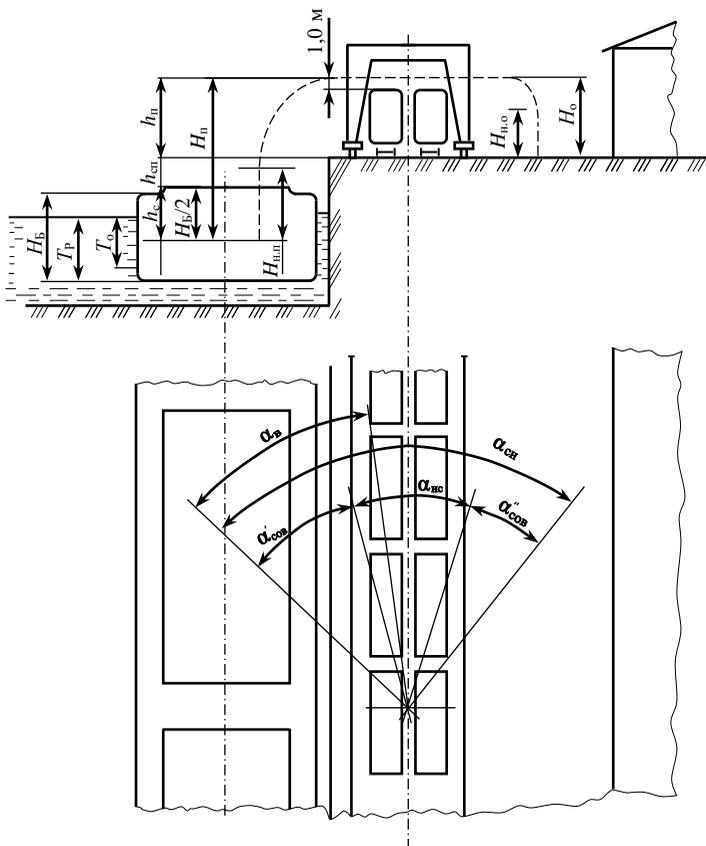


Рисунок 5.26 – Схема перемещения груза краном:

H_n – полная высота подъема груза; H_o – полная высота опускания груза; $H_{н.п}$ – высота подъема груза, несовмещенного с поворотом; $H_{н.о}$ – высота опускания, несовмещенного с поворотом;

$H_б$ – высота борта судна; T_p – осадка груженого судна; T_o – осадка судна в порожнем состоянии; $\alpha_в$ – угол поворота стрелы крана при работе по варианту «судно – вагон»; $\alpha_{пс}$ – угол поворота стрелы крана, несовмещенного с подъемом или опусканием груза; $\alpha_{ск}$ – угол поворота стрелы крана при работе по варианту «судно – склад»; $\alpha'_{сов}$ – угол поворота стрелы крана, совмещенного с подъемом (опусканием) груза из трюма судна; $\alpha''_{сов}$ – угол поворота стрелы крана, совмещенного с опусканием (подъемом) груза на склад

Высота подъема и высота опускания груза, не совмещенные с поворотом, определяется, в зависимости от наличия препятствий по траектории перемещения груза, мешающих совмещению данных операций. Такими препятствиями могут быть борт судна, причальная стенка, борт или крыша вагона и т. д.

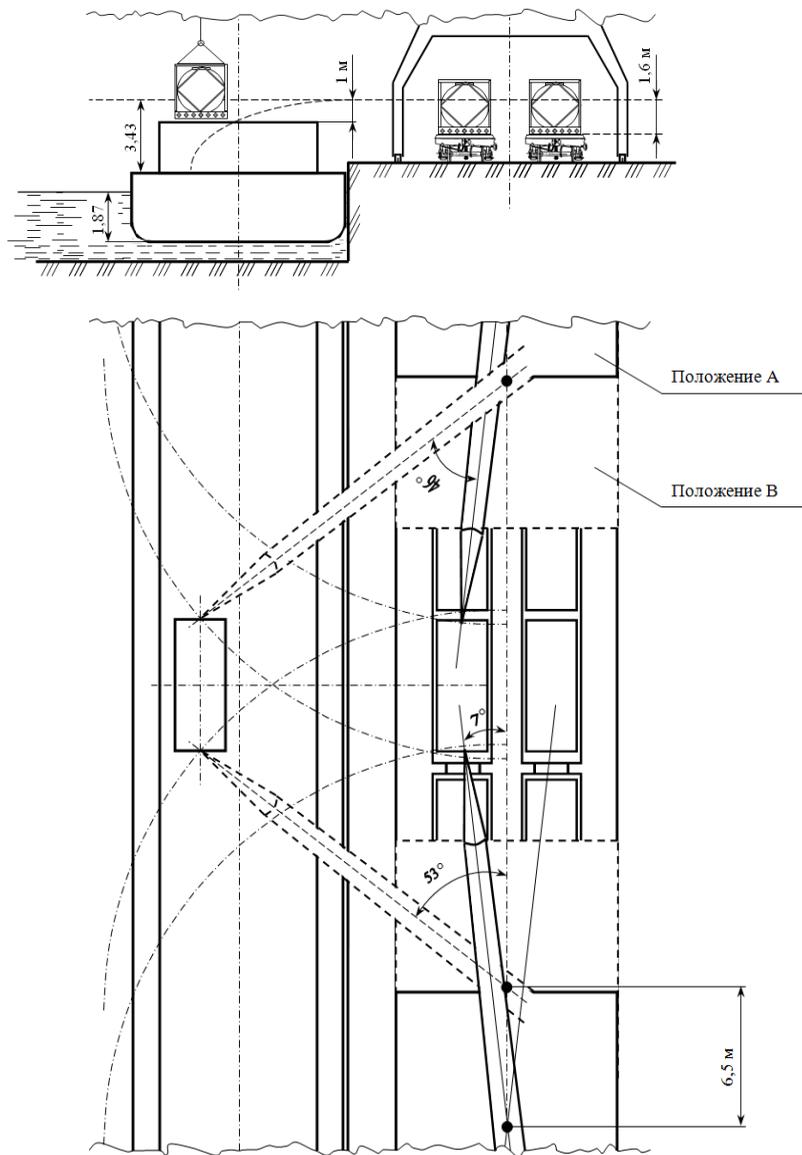


Рисунок 5.27 – Масштабная схема перегрузки крупнотоннажных контейнеров двумя порталными кранами

Продолжительность цикла крана, в зависимости от перегружаемого груза определяется по формулам:

– для навалочных грузов, перегружаемых грейфером,

$$T_{\text{ц}} = t_3 + t_{\text{п.г}} + t_{\text{пов.г}} + t_{\text{оп.г}} + t_o + t_{\text{п.п}} + t_{\text{пов.п}} + t_{\text{оп.п}} + t_y, \quad (5.50)$$

где t_3 , t_o , t_y – соответственно, продолжительность захвата груза грейфером, его опорожнения и установки на груз, с;

$t_{\text{п.г}}$, $t_{\text{оп.г}}$, $t_{\text{п.п}}$, $t_{\text{оп.п}}$ – соответственно, продолжительность подъема, опускания груза и продолжительность подъема, опускания порожнего грузозахватного устройства, с;

$t_{\text{пов.г}}$, $t_{\text{пов.п}}$ – соответственно продолжительность поворота стрелы крана с грузом и порожним грузозахватным устройством, с;

– лесных грузов, перегружаемых грейфером с выравниваем торцов пакета леса на торцевальной машине,

$$T_{\text{ц}} = t_3 + t_{\text{п.г}} + t'_{\text{пов.г}} + t_{\text{т}} + t''_{\text{пов.г}} + t_{\text{оп.г}} + t_{\text{р}} + t_o + t_{\text{п.п}} + t'_{\text{пов.п}} + t_{\text{оп.п}} + t_y, \quad (5.51)$$

где $t'_{\text{пов.г}}$, $t''_{\text{пов.г}}$, $t'_{\text{пов.п}}$ – продолжительности поворота стрелы крана с грузом и порожним грузозахватным устройством, с;

$t_{\text{р}}$ – продолжительность разворота пакета лесоматериалов для его укладки в судно, вагон или на штабель, с;

$t_{\text{т}}$ – продолжительность выравнивания торцов пакета лесных грузов, перегружаемых грейферным краном (включая время опускания груза на торцевальную машину, разворота и установки пакета и его подъема до продолжения поворота стрелы крана), с;

– контейнеров, пакетированных, тяжеловесных и крупногабаритных грузов

$$T_{\text{ц}} = t_{3.г} + t_{\text{п.г}} + t_{\text{пов.г}} + t_{\text{оп.г}} + t_{\text{от.г}} + t_{\text{п.п}} + t_{\text{пов.п}} + t_{\text{оп.п}}, \quad (5.52)$$

где $t_{3.г}$, $t_{\text{от.г}}$ – продолжительность, соответственно, застропки и отстропки груза, с;

– непакетированных штучных грузов

$$T_{\text{ц}} = t_{3.п} + t_{\text{п.г}} + t_{\text{пов.г}} + t_{\text{оп.г}} + t_{\text{от.г}} + t_{3.п} + t_{\text{п.п}} + t_{\text{пов.п}} + t_{\text{оп.п}} + t_{\text{от.п}}, \quad (5.53)$$

где $t_{3.п}$, $t_{\text{от.п}}$ – продолжительность, соответственно, застропки и отстропки грузозахватного устройства без груза, с.

Продолжительность подъема и опускания $t_{\text{п(он)}}$ груженого или порожнего грузозахватного устройства

$$t_{\text{п(он)}} = \frac{H_{\text{п(он)}}}{v\mu_{\text{п(он)}}} + \frac{t_{\text{р}} + t_{\text{т}}}{2}, \quad (5.54)$$

где $H_{\text{п(он)}}$ – средняя высота подъема (опускания) груза, м;

v – паспортная скорость механизма подъема и опускания, м/с;

$\mu_{н(оп)}$ – нормативный коэффициент использования паспортной скорости механизма подъема, зависящий от условий работы, типа судна, движения с грузом или без груза;

t_p, t_T – продолжительность разгона и торможения механизма подъема грузозахватного устройства, с.

Продолжительность поворота стрелы крана рассчитывается по формуле

$$t_{пов} = \frac{\alpha}{6n \mu_{вр}} + 0,5(t'_p + t'_T), \quad (5.55)$$

где α – средний угол поворота стрелы (при работе по варианту «судно – склад» $\alpha = 140 \dots 180^\circ$, при работе по варианту «судно – вагон» $\alpha = 70 \dots 90^\circ$);

n – паспортная частота вращения стрелы крана, об/мин;

$\mu_{вр}$ – нормативный коэффициент использования паспортной частоты вращения стрелы крана;

t'_p, t'_T – продолжительность соответственно разгона и торможения механизма вращения стрелы крана, с.

При выполнении расчетов технической производительности порталных кранов значения коэффициентов $\mu_{вр}$, $\mu_{п}$, а также продолжительности t'_p и t'_T , можно принимать из таблицы 5.9.

Таблица 5.9 – Статистические значения параметров $\mu_{вр}$, $\mu_{п}$, t'_p и t'_T

Род груза	Тип судна	Коэффициент использования паспортной скорости механизмов portalного крана				Продолжительность разгона и торможения t_p и t_T , с	
		при подъеме из судна $\mu_{п}$	при опускании на берегу $\mu_{н(оп)б}$	при опускании в судно $\mu_{н(оп)с}$	при вращении стрелы $\mu_{вр}$	при подъеме и опускании с грузом и без груза	при вращении стрелы крана
Навалочные (сыпучие) грузы	Открытое	0,90/0,90	1,00/1,00	0,85/0,85	0,95/1,00	1	3/2
	Полуоткрытое	0,80/0,80	1,00/1,00	0,75/0,75	0,75/1,00	1	3/2
	Закрытое	0,70/0,70	1,00/1,00	0,65/0,65	0,95/1,00	1	3/2
Штучные грузы на поддонах и контейнеры	Открытое	0,85/0,85	0,90/1,00	0,80/0,85	0,90/1,00	1	4/2
	Полуоткрытое	0,75/0,85	0,90/1,00	0,70/0,75	0,90/1,00	1	4/2
	Закрытое	0,65/0,75	0,90/1,00	0,60/0,65	0,90/1,00	1	4/2

Примечание – В числителе приведены данные, полученные при работе с грузом, в знаменателе – без груза.

Проанализировав зависимости, функционально связанные с формулой расчета технической производительности погрузочно-разгрузочной машины циклического действия (5.44), можно сделать вывод о влиянии на нее факторов, связанных с организацией погрузочно-разгрузочных работ и технологией их выполнения. Данные зависимости для различных грузов и условий в виде графиков представлены на рисунке 5.28.

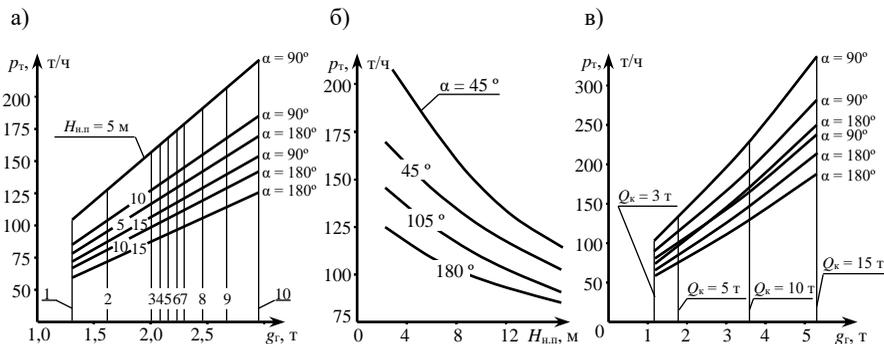


Рисунок 5.28 – Графики зависимости технической производительности крана от различных факторов:

a – от рода перегружаемого груза, высоты его подъема и угла поворота стрелы;

б – от угла поворота стрелы и высоты подъема груза;

в – от грузоподъемности крана, угла поворота стрелы и высоты подъема груза;

1 – зерно легкое; 2 – камень бутовый; 3 – соль; 4 – уголь крупный; 5 – зерно тяжелое; 6 – руда;

7 – уголь мелкий; 8 – песок сухой; 9 – гравий, щебень; 10 – песок сырой

На основании данных зависимостей можно сделать несколько выводов, позволяющих повысить техническую и эксплуатационную производительность работы погрузочно-разгрузочной техники, а следовательно, снизить продолжительность грузовых операций транспортного флота, тем самым повышая эффективность его работы.

Для большинства штучных грузов масса подъема является незначительным и составляет до 3 тонн, поэтому грузоподъемность крана не оказывает особого влияния на эффективность грузовых операций. Гораздо большее влияние на нее оказывают расстояния перемещения груза и скорости механизмов подъема, опускания и поворота устройств погрузочно-разгрузочной машины, определяемая ее типом.

Увеличение производительности грейферных погрузочно-разгрузочных машин достигается прежде всего за счет правильного выбора емкости грейфера в соответствии с погрузочным объемом перегружаемого груза, при этом масса грейфера с грузом должна быть равна грузоподъемности погрузочно-разгрузочной машины.

Масса подъема груза грейферным краном определяется также степенью использования емкости грейфера, в значительной мере зависящей от приемов работы крановщиков. Увеличение заполнения грейфера достигается правильным выбором места захвата груза и соответствующей

укладкой грейфера на груз, рациональным применением повторных захватов.

Уменьшение продолжительности цикла погрузочно-разгрузочной машины циклического действия достигается сокращением пути перемещения груза, полным использованием паспортных скоростей механизмов крана, уменьшением затрат времени на выполнение механизированных элементов цикла и исключением междуцикловых перерывов в работе крана.

Сокращение пути перемещения груза краном можно получить совмещением движений крана, уменьшением угла поворота стрелы крана, правильной установкой в зависимости от условий перегрузочного процесса и рациональной последовательностью обработки судов и вагонов.

Применяются следующие совмещения во времени машинных элементов цикла крана: подъем с поворотом и поворот с опусканием, а также с изменением вылета стрелы и в отдельных случаях с перемещением портала; поворот с раскрытием грейфера и высыпанием груза на ходу.

Относительно судна и места разгрузки погрузочно-разгрузочную технику устанавливают таким образом, чтобы угол поворота и число ее перемещений были минимальными (рисунок 5.29).

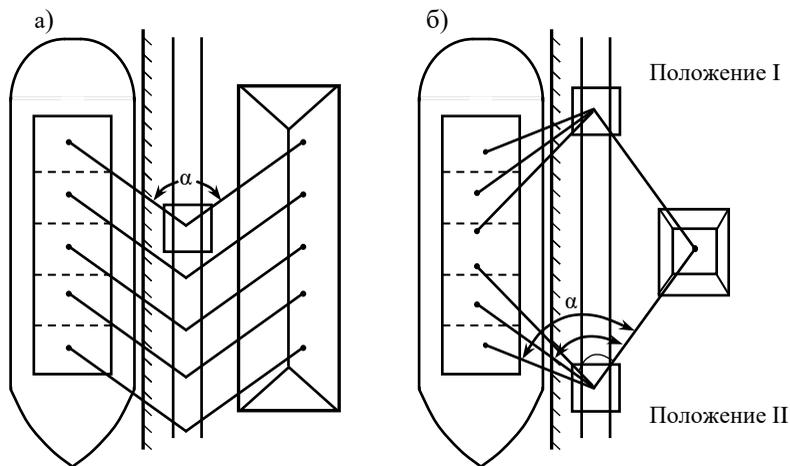


Рисунок 5.29 – Установка грейферного крана с рабочим изменением вылета стрелы при работе по схеме:

a – «судно – склад», «склад – судно»; *б* – «судно – бункер»

Междуцикловые перерывы в работе крана возникают вследствие того, что не подготовлен очередной подъем груза. Для исключения таких

перерывов при перегрузке грузов требуется проектировать соответствующие мероприятия, определяющие эффективную технологию грузовой обработки флота.

Погрузочно-разгрузочные машины непрерывного действия перемещают груз непрерывным потоком без остановок для захвата и освобождения. К таким машинам, эксплуатируемым в речных портах относятся, например,

Расчет технической производительности погрузочно-разгрузочных машин непрерывного

ленточные, пластинчатые, скребковые, винтовые и цепные конвейеры, вертикальные и наклонные элеваторы, бревнотаски,

консольно-стреловые отвалообразователи, норийно-конвейерные и роторно-конвейерные перегружатели, вибрационные конвейеры, установки пневматического и гидравлического транспорта, гравитационные установки (рисунок 5.30).

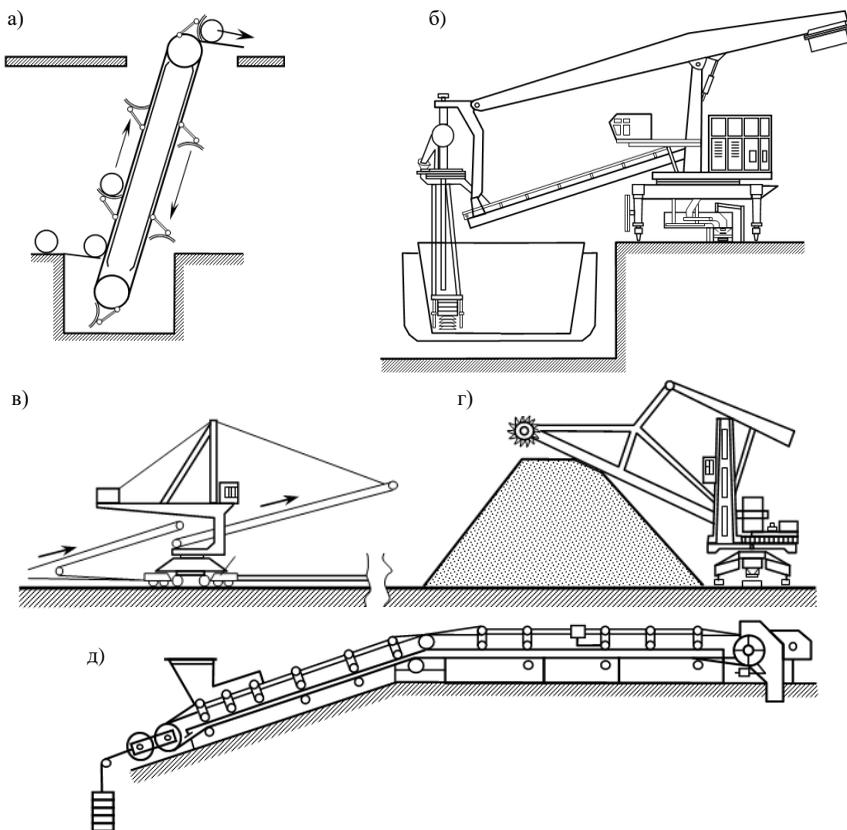


Рисунок 5.30 – Схемы погрузочно-разгрузочных машин непрерывного действия:

- a* – элеватор; *b* – роторно-конвейерный перегружатель; *в* – отвалообразователь;
г – роторно-конвейерная перегрузочная машина; *д* – ленточный конвейер

Техническая производительность ленточного конвейера определяется по следующему формулам:

– для тарно-штучных грузов

$$p_{\tau} = \frac{3,6g_{\text{м}}v_{\text{л}}}{a}, \quad (5.56)$$

где $g_{\text{м}}$ – масса тарно-штучного груза, кг;

$v_{\text{л}}$ – скорость движения ленты, м/с;

a – среднее расстояние между отдельными местами груза на ленте, м;

– для навалочных и насыпных грузов

$$p_{\tau} = \frac{C_{\text{к}}(0,9B_{\text{л}} - 0,05)^2 v_{\text{л}}}{\omega_{\text{гр}}}, \quad (5.57)$$

где $C_{\text{к}}$ – коэффициент, зависящий от формы ленты, конструкции роlikоопоры и угла расположения груза на ленте;

$B_{\text{л}}$ – ширина ленты, м.

Ковшовые элеваторы применяются для перегрузки пылевидных и зерновых грузов, их техническая производительность рассчитывается по формуле

$$p_{\tau} = \frac{3,6ek_3 v}{a_{\text{к}}\omega_{\text{гр}}}, \quad (5.58)$$

где e – вместимость ковша, м³;

k_3 – коэффициент заполнения ковшей;

v – скорость тягового органа, м/с;

$a_{\text{к}}$ – расстояние между ковшами, м.

Для перемещения пылевидных и зерновых грузов применяются пневматические установки, техническая производительность которых определяется по формуле

$$p_{\tau} = 3,6\gamma_{\text{в}}V_{\text{в}}\mu_{\text{с}}, \quad (5.59)$$

где $\gamma_{\text{в}}$ – плотность атмосферного воздуха, принимаемая равной 1,2 кг/м³;

$V_{\text{в}}$ – расход воздуха, м³/с;

$\mu_{\text{с}}$ – концентрация смеси, представляющая отношение массы перемещаемого груза к массе расходуемого воздуха в единицу времени.

Гидромеханизированные установки применяются для перемещения грузов, не боящихся увлажнения (песок, гравий, руда, уголь и др.), по трубам в потоке движущейся воды с образованием пульпы. Техническая производительность таких установок

$$P_t = \frac{900\pi d^2 v_{rp} k_p}{\omega(1 + n_{pv})}, \quad (5.60)$$

где d – внутренний диаметр пульпопровода, м;

v_{rp} – рабочая скорость пульпы, м/с;

k_p – коэффициент разрыхления груза (в пульпе), зависящий от рода груза;

n_{pv} – удельный расход воды для транспортирования пульпы, м³/т.

Следует отметить, что вышепредставленные формулы для расчета производительности перегрузочных машин и приведенные в таблицах коэффициенты недостаточно дифференцированы и не всегда соответствуют конкретным условиям работы. Для получения более точных данных предварительно рекомендуется проводить хронометражные наблюдения, и после статистической обработки данной информации обосновывать значения искомых параметров.

5.5.2 Техническое нормирование продолжительности технических операций

Особенности нормирования продолжительности технических операций определяются многообразием этих операций и их сочетаний при обработке транспортного флота в портах и пунктах смены тяги. Примерный перечень технических операций приведен в таблице 3.6.

Продолжительность технических операций зависит от конкретных условий обработки судов в каждом порту: расположения и специализации причалов и рейдов, гидрометеорологического режима порта, технического оснащения порта средствами обслуживания, рациональной технологии и организации обслуживания флота в порту.

Такое многообразие технических операций определяет целесообразность использования при нормировании продолжительности их выполнения метода натуральных наблюдений, состоящего из трех основных этапов:

- 1) подготовка к наблюдениям и сбор исходных данных;
- 2) проведение наблюдения с измерением продолжительности выполнения отдельных технических операций;
- 3) статистическая обработка материалов и их анализ с целью установления обоснованной нормы времени на каждую из технических операций.

На первом этапе обосновывается выбор типа объекта, определяющего нормы продолжительности нормируемой технической операции, например,

тип крана или судна, изучаются его технико-эксплуатационные характеристики и определяется состав процессов и операций, составляющих технологический процесс работы объекта, устанавливается рациональная последовательность и условия выполнения нормируемых операций, устанавливается требуемое количество наблюдений, подготавливается требуемая хронометражная документация и измерительные приборы.

Результаты измерений и наблюдений заносятся в хронометражную карту, где приводится краткая характеристика объекта, организации и технологии выполнения нормируемой операции. Примерный состав хронометражной карты приводится в таблице 5.10.

В процессе проведения наблюдений наблюдатель отмечает все отклонения от нормального течения технологического процесса, с указанием причин, вызывающих эти отклонения.

Полученные в результате наблюдений замеры продолжительности каждой операции образуют хронометражный ряд. Обработку ряда начинают с выявления и очистки его от дефектных значений. К последним относятся те значения полученных измерений, которые резко отличаются от прочих. Дефектные значения могут быть помещены в хронометражный ряд ошибочно в случае описки наблюдателя или опечатки, либо в результате специфических условий протекания операции, которые не должны быть учтены в значении нормируемой величины.

Устойчивость хронометражного ряда проверяют при помощи коэффициента устойчивости, определяемого по формуле

$$K_{уст} = \frac{t_{max}}{t_{min}}, \quad (5.61)$$

где t_{max} , t_{min} – соответственно, максимальная и минимальная продолжительность операции по хронометражному ряду.

Фактические коэффициенты устойчивости хронометражного ряда сравниваются с нормальным коэффициентом устойчивости, значение которого принимается в зависимости от рассматриваемых условий и характера технической операции, как правило, ряд считается устойчивым при значении коэффициента $K_{уст} \leq 1,15$.

Обоснование технической нормы осуществляется только по устойчивому хронометражному ряду. Поэтому, если хронометражный ряд оказывается неустойчивым, то возникает необходимость повторного проведения наблюдений.

Учитывая широту вариации продолжительности технических операций для различных условий, в которых они выполняются, иногда руководствуются не дифференцированными, а укрупненными нормами

времени, состоящими из продолжительности элементарных операций. Естественно, что в случае учета в продолжительности выполнения элементарных операций каких-либо специфических условий, отклонения укрупненных норм будет меньше дифференцированных, либо значительно больше, что позволит обратить на это внимание исследователя и внести корректировку в значение нормы.

В зависимости от типа транспортного судна различают следующие укрупненные нормы времени технических операций в портах и пунктах смены тяги:

– для грузовых самоходных и несамоходных судов в конечных пунктах рейса различают:

а) норму времени технической обработки судна по прибытию, то есть с момента прибытия судна в порт до его ошвартовки у причала погрузки или выгрузки;

б) норму времени технической обработки судна по отправлению, то есть с момента окончания погрузки или выгрузки до момента отправления судна в рейс;

– грузового несамоходного судна в пунктах смены тяги – норму времени его нахождения в данном пункте с момента прибытия до момента отправления;

– толкачей (буксиров) – норму времени их нахождения в порту с момента прибытия по момент отправления.

Следует отметить, что технические операции с судном могут производиться не только в конечных пунктах рейса или смены тяги, но и в пути следования. К таким операциям, например, относится операция шлюзования.

Укрупненная норма продолжительности выполнения операции шлюзования включает в себя все время обслуживания судопропускным сооружением судов и составов с момента начала ввода их в шлюз до момента полного выхода их из шлюза, а в случае наличия в составе судопропускного сооружения нескольких шлюзов – с момента ввода судна (состава) в первый шлюз до момента полного выхода из последнего шлюза.

5.5.3 Техническое нормирование продолжительности технологических операций

Продолжительность технологических операций зависит от двух важных аспектов: во-первых, от технологии обслуживания флота, а во-вторых, от воздействия многочисленных случайных факторов транспортного процесса, поэтому, количественные зависимости между технологическими и основными транспортными операциями очень сложны.

Стремление к учету максимального числа факторов вызывает усложнение этих зависимостей, поэтому, существующие методы нормирования технологических операций позволяют определить их лишь с некоторым приближением к реальному значению. Однако незначительная доля продолжительности технологических операций в продолжительности транспортного процесса грузового судна и достаточно высокая степень приближения нормируемого ее значения к истинному, позволяют, при проведении эксплуатационных расчетов, данной погрешностью пренебречь.

Нормы на выполнение технологических операций, по аналогии с нормами выполнения технических операций, подразделяются на дифференцированные и укрупненные.

Дифференцированные нормы устанавливаются на определенные приемы и элементарные операции, *укрупненные* – объединяют время, затрачиваемое на выполнение группы последовательных элементарных операций.

Для наглядности и возможности корректировки технических норм используются технологические карты обработки судов в порту, определяющие строгую последовательность выполнения операций с судном с учетом параллельно выполняемых (совмещаемых) операций (рисунк 5.31).

Несмотря на то, что нормы времени на отдельные технологические операции относительно невелики, при планировании и организации работы речного флота их требуется обязательно учитывать. Анализ удельного веса затрат времени на выполнение технологических операций показывает, что по несамоходному сухогрузному флоту время ожидания грузовых работ в 1,12–1,15 раза больше времени, затраченного непосредственно на грузовую обработку; по несамоходному нефтеналивному флоту – в 2,2–2,7 раза. В составе оборота буксирных судов время ожидания на формирование составов составляет, соответственно, при работе этих судов на сухогрузных перевозках 27–33 процентов и при работе на перевозках нефтеналивных грузов – 31–38 процентов.

В различные периоды развития эксплуатационной науки водного транспорта нормирование технических и технологических операций осуществлялось с применением различных методов. Вследствие специфики природы данных операций наибольшее распространение получили методы теории вероятностей, в частности, теории массового обслуживания, имитационного моделирования, корреляционного и регрессионного анализа.

При применении данного математического аппарата исследователю требуется значительный объем исходных данных, выражающих воздействие на норму многочисленных факторов различного характера. Точность нормирования зависит от качества этих данных, поэтому большинство из них определяется на основании натуральных хронометражных наблюдений.

Так как при заданном уровне детализации нормирования часть факторов, определяющих продолжительность выполнения технологических операций, носит вероятностный характер, и при этом система обработки флота в портах может быть с некоторым приближением представлена в виде системы массового обслуживания, то использование математического аппарата теории массового обслуживания позволяет с достаточной

степенью приближения моделировать данный процесс, тем самым выявляя пути повышения эффективности эксплуатации флота и портов.

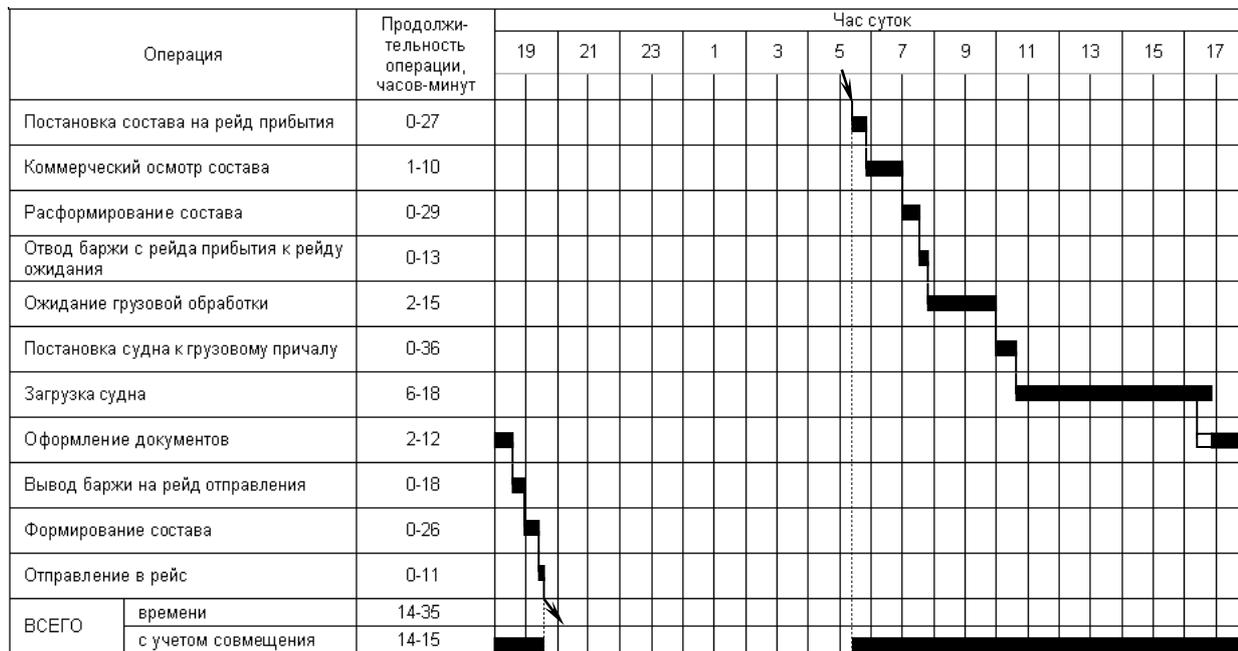


Рисунок 5.31 – Пример технологической карты обработки в порту несамоходного судна, закрепленного за тягой на отдельные рейсы

К таким системам массового обслуживания относятся порты с их рейдами, причалами, судопропускные сооружения, ремонтно-эксплуатационные базы и прочие объекты речного транспорта.

Стохастический характер воднотранспортных систем определяет, что устойчивость их функционирования обладает некоторой стационарностью отклонений в прибытии судов и времени их обслуживания, то есть эти отклонения подчиняются некоторым статистическим законам распределения вероятностей: нормальному, биномиальному, показательному и прочим.

Так, например, исследование величины продолжительности отдельных технических и технологических операций транспортного флота, выполняемых при перевозках калийных удобрений из порта Мозырь в порт Николаев, позволяет явно определять к какому закону распределения они близки. Статистическая выборка из 60 значений продолжительности ожидания составом тяги в граничном пункте тягового плеча, при работе флота по схеме изображенной на рисунке 4.10, представлена в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Продолжительность ожидания несамостоятельным флотом толкача

В часах

Наблюдение	Продолжительность	Наблюдение	Продолжительность	Наблюдение	Продолжительность
1	3,8	21	5,4	41	3,6
2	5,0	22	5,5	42	4,2
3	2,4	23	6,3	43	3,9
4	3,7	24	3,3	44	5,4
5	3,3	25	4,2	45	5,7
6	5,8	26	3,8	46	3,6
7	3,7	27	4,0	47	3,7
8	4,9	28	4,3	48	5,0
9	3,9	29	11,2	49	4,4
10	5,3	30	4,6	50	7,8
11	2,3	31	5,9	51	4,1
12	2,4	32	5,4	52	8,6
13	4,0	33	4,5	53	3,7
14	1,5	34	4,1	54	7,1
15	1,6	35	1,5	55	3,3
16	3,5	36	2,4	56	6,2
17	2,5	37	2,9	57	4,7
18	3,0	38	5,9	58	7,0
19	5,5	39	6,4	59	3,6
20	5,7	40	2,1	60	2,8

Как видно по данным таблицы 5.11 и графику, изображенному на рисунке 5.32, продолжительность исследуемой операции является случайной величиной, не подчиняющейся строгой функциональной связи.

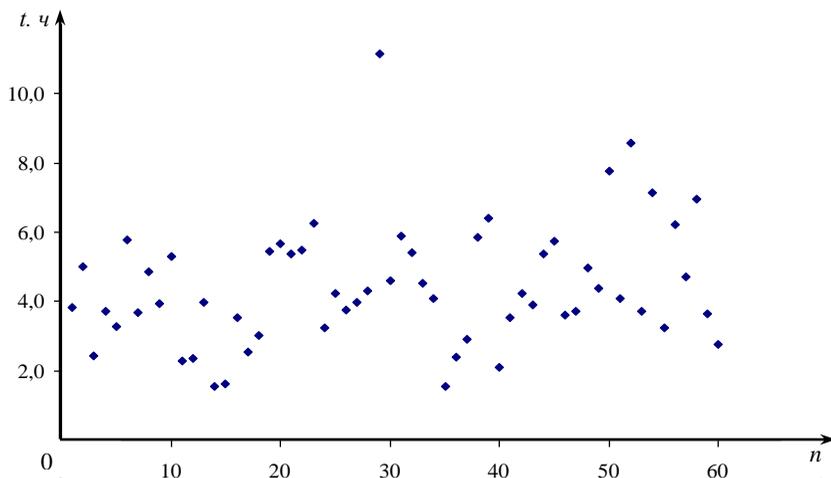


Рисунок 5.32 – Распределение продолжительности выполнения технологической операции t по наблюдениям n

Однако статистическая обработка данной выборки показывает, что распределение этой величины с некоторым приближением подчиняется эрланговскому закону (рисунок 5.33, *а*) с математическим ожиданием 4,4 часа. Аналогично можно найти закономерности и в распределении продолжительности выполнения и других технологических или технических операций, например, на рисунке 5.33, *б* приведены статистические характеристики выборки о продолжительности оформления таможенных документов на груз в порту и показано распределение данной величины, которое с некоторым приближением подчиняется показательному закону, а на рисунке 5.33, *в* – распределение продолжительности зачистки трюма баржи, подчиняющееся нормальному закону распределения.

Применительно к моделям речного транспорта основными параметрами систем массового обслуживания являются:

- количество каналов обслуживания n (причалов, рейдов, ниток шлюзов, погрузочно-разгрузочных машин и других средств обслуживания);
- время обслуживания $t_{\text{обс}}$ одного транзакта (судна, автомобиля, вагона или их группы);
- время ожидания обслуживания $t_{\text{ож}}$ и относительное время ожидания обслуживания, определяемое как отношение:

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{t_{\text{ож}}}{t_{\text{обс}}}; \quad (5.62)$$

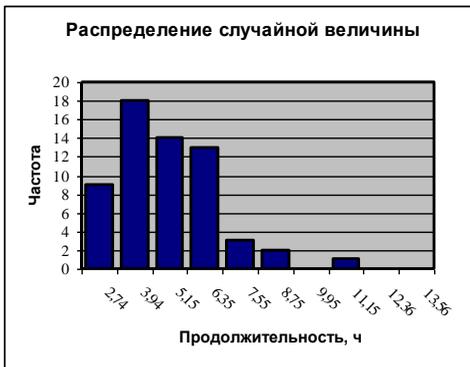
5.5 Техническое нормирование продолжительности обработки флота в портах 211

а)

Статистические характеристики выборки

Число элементов	60
Дисперсия	3,084
Максимальное значение	11,154
Минимальное значение	1,541
Число исследуемых диапазонов	8
Ширина диапазона	1,202

Среднеквадратическое отклонение	1,756
Математическое ожидание	4,428



б)

Статистические характеристики выборки

Число элементов	60
Дисперсия	22,619
Максимальное значение	23,811
Минимальное значение	0,035
Число исследуемых диапазонов	8
Ширина диапазона	2,972

Среднеквадратическое отклонение	4,756
Математическое ожидание	4,718



в)

Статистические характеристики выборки

Число элементов	60
Дисперсия	0,556
Максимальное значение	5,556
Минимальное значение	2,292
Число исследуемых диапазонов	8
Ширина диапазона	0,408

Среднеквадратическое отклонение	0,746
Математическое ожидание	3,956

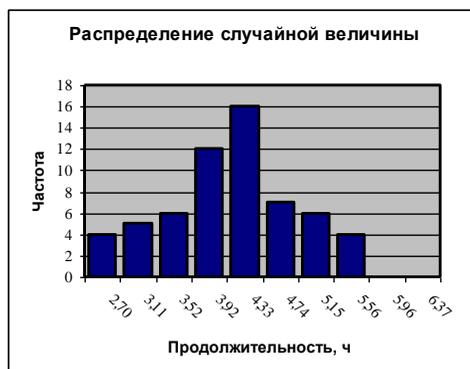


Рисунок 5.33 – Статистические характеристики и распределение продолжительности выполнения операций:

a – ожидание тяги; *б* – оформление документов; *в* – зачистка трюма

– частота (интенсивность) поступления транзактов λ (прибытия судов, подачи групп вагонов, выполнения погрузки или выгрузки) и интервал поступления транзактов в систему $t_{п}$;

– количество транзактов, находящихся в системе под обслуживанием $\Phi_{обс}$ и в его ожидании (в очереди) $\Phi_{ож}$;

– пропускная способность μ – число транзактов, которое может обслужить один канал μ ; или вся система $n\mu$; в единицу времени;

– коэффициент использования пропускной способности системы, определяемый как отношение

$$\Phi = \frac{\lambda}{n\mu}; \quad (5.63)$$

– средняя длина очереди (то есть число транзактов, ожидающих обслуживания) .

Простейшей системой массового обслуживания является система с одним каналом, в который с частотой λ поступают транзакты, обслуживаются и покидают систему. Естественно, что на практике подобным системам могут быть адекватны лишь элементарные процессы или операции. Поэтому при применении теории массового обслуживания к исследованию сложных процессов возникает необходимость использовать сложные системы массового обслуживания, характеризующиеся соответствующей сложностью формализации.

Если система имеет возможность обслуживать транзакты несколькими каналами, то такая система называется многоканальной. Примером такой системы является порт с несколькими причалами для работы со строительными грузами, принимающий для обработки суда с соответствующим грузом.

Если в системе транзакт должен обслужиться последовательно несколькими каналами, то такая система называется системой с многофазным обслуживанием. Если рассмотреть систему, адекватную работе порта по приему флота на рейд, подачу его под разгрузку, замыкку трюма и последующую загрузку судна, то речь идет о функционировании четырехфазной системы массового обслуживания.

По характеру обслуживания транзактов все системы делятся на системы массового обслуживания с отказами, системы с ожиданием и системы смешанного типа.

К системам массового обслуживания с отказами относятся системы, в которых поступивший в систему транзакт тут же начинает обслуживаться каналом, если в системе имеется свободный канал, а если же все каналы заняты – покидает систему.

В системах с ожиданием обслуживания при занятости всех каналов транзакт становится в очередь и ожидает обслуживания, то есть освобождения канала.

Системам смешанного типа присущи особенности двух выше рассмотренных систем: транзакт занимает очередь лишь в том случае, если в ней находятся другие транзакты в количестве, не превышающем допустимое ограничение, иначе – транзакт покидает систему.

По дисциплине обслуживания транзактов выделяют системы с приоритетом и без приоритета. В системах с приоритетом устанавливается определенная очередность обслуживания транзактов. Например, при оптимизации пропуска судов и составов через судоходные шлюзы, в первую очередь шлюзуются суда с большей стоимостью содержания, что позволяет сократить эксплуатационные расходы на содержание флота.

Среди воднотранспортных систем наиболее распространены многоканальные системы смешанного типа и приоритетом обслуживания, однако в каждом конкретном случае исследование начинается с изучения сути процесса с целью правильного формирования модели изучаемого аспекта.

При применении для нормирования продолжительности технических и технологических операций положений теории массового обслуживания следует учесть, что ее основные формулы справедливы не для каждого конкретного случая, а наиболее вероятных значений нормируемого параметра, когда частота и интервалы входящего в систему потока транзактов описываются некоторым законом распределения. Данный факт объясняет широту использования данной теории для непрерывно повторяющихся (массовых) однородных процессов речного транспорта, в частности, для нормирования продолжительности технических и технологических операций.

Основная идея применения теории массового обслуживания заключается в следующем: при данном количестве каналов обслуживания в системе – чем больше использование их общей пропускной способности, тем больше время ожидания обслуживания транзактом, то есть, тем меньше вероятность застать каналы свободными. Для многоканальной однофазной системы смешанного типа и для простейших потоков поступления транзактов (распределенных по закону Пуассона, то есть с частотой, подчиняющейся показательному распределению) данная идея выражается функционально, что позволяет установить некоторые вероятностные характеристики обслуживания в такой системе.

Вероятность того, что при поступлении транзакта в систему все каналы будут свободными, определяется по формуле

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{z=0}^n \frac{\alpha^z}{z!}} = \frac{1}{1 + \alpha + \frac{\alpha^2}{2} + \dots + \frac{\alpha^n}{n!}}, \quad (5.64)$$

где α – среднее число занятых каналов, устанавливаемое по формуле

$$\alpha = n\varphi. \quad (5.65)$$

Вероятность того, что занято m каналов системы, при $m < n$:

$$P_m = \frac{\alpha^m}{m!} P_0 = \frac{\alpha^m}{m! \sum_{z=0}^n \frac{\alpha^z}{z!}}. \quad (5.66)$$

Одной из важнейших характеристик таких систем является вероятность отказа, то есть вероятность того, что при поступлении транзакта в систему все каналы заняты. Данная характеристика определяется по формуле, получаемой из предыдущей, для случая, когда $m = n$:

$$P_{\text{отк}} = \frac{\alpha^n}{n! \sum_{z=0}^n \frac{\alpha^z}{z!}}, \quad (5.67)$$

для одноканальной системы массового обслуживания, то есть при $n = 1$

$$P_{\text{отк}} = \frac{\varphi}{1 + \varphi} = \frac{\alpha}{1 + \alpha}; \quad (5.68)$$

для двухканальной системы, то есть при $n = 2$

$$P_{\text{отк}} = \frac{2\varphi^2}{1 + 2\varphi + 2\varphi^2} = \frac{\alpha^2}{2 + 2\alpha + \alpha^2}. \quad (5.69)$$

Среднее число занятых каналов

$$\bar{n} = \alpha \left(1 - \frac{\alpha^n}{n!} P_0 \right) = \alpha(1 - P_n). \quad (5.70)$$

Пропускная способность системы

$$n\mu = \lambda(1 - P_n) = \lambda \left(1 - \frac{\alpha^n}{n!} P_0 \right). \quad (5.71)$$

Как отмечалось ранее, на практике судопотоки, вагонопотоки и большинство прочих потоков транзактов обладают последствием, а продолжительность выполнения большинства технических и технологических операций распределяется не по показательному закону. В

5.5 Техническое нормирование продолжительности обработки флота в портах 215

таких случаях с целью повышения достоверности расчетов рекомендуется применять выражения, полученные путем аппроксимации результатов статистического моделирования:

– при $0 < v_n \leq 1, 0 \leq v_{\text{обс}} \leq 1$, и $n = 1$

$$P_{\text{отк}} = \frac{\varphi k_1 k_2}{1 + \varphi}, \quad (5.72)$$

где $v_n, v_{\text{обс}}$ – соответственно, коэффициенты вариации интервалов входящего потока транзактов и интервалов их обслуживания;

k_1, k_2 – коэффициенты, рассчитываемые для обозначенных выше условий по формулам

$$k_1 = \frac{v_n^2 + 2\varphi^2}{1 + 2\varphi^2}; \quad (5.73)$$

$$k_2 = \frac{v_n^2 + (1 - v_n^3)v_{\text{обс}} + 4\varphi((4v_n^3 + 0,8\varphi^4)^2 + v_{\text{обс}})}{1 + 4\varphi((4v_n^3 + 0,8\varphi^4)^2 + v_{\text{обс}})}, \quad (5.74)$$

при $0 < v_n \leq 1, 0 \leq v_{\text{обс}} \leq 1, n = 2$

$$P_{\text{отк}} = \frac{2\varphi^2 k_1 k_2}{1 + 2\varphi + 2\varphi^2}, \quad (5.75)$$

$$P_0 = \frac{k_1 k_2}{\sum_{z=0}^n \frac{n^z \varphi^z}{z!}}. \quad (5.76)$$

Большинство воднотранспортных систем являются системами с ожиданием. Судно подошедшее к шлюзу, в котором начато шлюзование других судов, не может «отказаться» от обслуживания, поэтому такое судно становится в очередь в ожидании шлюзования. По аналогичному принципу работают рейды, системы комплексного обслуживания, причалы, бункеровщики и многие другие технические средства обслуживания флота.

Для простейших систем с ожиданием, с потоком транзактов, не подчиняющимся оперативному регулированию (то есть таким потоком, входные характеристики которого практически зависят только от характеристик, сложившихся при выходе из предыдущей системы, с учетом случайных факторов, воздействующих на транзакт только за время перехода), основные характеристики можно рассчитывать по системе выражений, рекомендуемых теорией массового обслуживания.

Вероятность того, что при поступлении в систему транзакта все n каналов системы свободны:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{z=0}^{n-1} \frac{\alpha^z}{z!} + \frac{\alpha^n}{(n-\alpha)(n-1)!}}. \quad (5.77)$$

Вероятность того, что в системе находится z транзактов, при $z \geq n$:

$$P_z = \frac{\alpha^z}{n!n^{z-n}} P_0; \quad (5.78)$$

при $1 \leq z \leq n$:

$$P_z = \frac{\alpha^z}{z!} P_0. \quad (5.79)$$

Вероятность того, что все каналы заняты (то есть в системе находится $z = n$ транзактов):

$$P_n = \frac{\alpha^n}{(n-\alpha)(n-1)!} P_0. \quad (5.80)$$

Вероятность того, что время ожидания начала обслуживания $t_{\text{ож}}$ (то есть время пребывания в очереди) больше некоторого заданного времени t_0 :

$$P(t_{\text{ож}} > t_0) = P_n t_0^{(\alpha-n)\mu}, \quad (5.81)$$

соответственно, вероятность того, что время ожидания не превышает t_0 :

$$P(t_{\text{ож}} \leq t_0) = 1 - P_n t_0^{(\alpha-n)\mu}. \quad (5.82)$$

Средняя длина очереди (число транзактов, ожидающих обслуживания):

$$\bar{m} = \frac{\alpha^{n+1} P_0}{(n-\alpha)^2 (n-1)!}. \quad (5.83)$$

Среднее число транзактов, находящихся в системе,

$$\bar{s} = \bar{m} + \frac{n^2 P_n}{n-\alpha} + P_0 \sum_{z=1}^{n-1} \frac{\alpha^z}{(z-1)!}. \quad (5.84)$$

Среднее число свободных обслуживающих каналов

$$\bar{n} = \sum_{z=0}^{n-1} \frac{n-z}{z!} \alpha^z P_0. \quad (5.85)$$

Средняя относительная длительность ожидания обслуживания

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{\alpha^n}{(n-1)!(n-\alpha)^2 \sum_{z=0}^{n-1} \frac{\alpha^z}{z!} + \alpha^n (n-\alpha)}, \quad (5.86)$$

а с учетом зависимости (5.65):

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{n^{n-2}\varphi^n}{(n-1)!(1-\varphi)^2 \sum_{z=0}^{n-1} \frac{n^z \varphi^n}{z!} + n^{n-1} \varphi^n (1-\varphi)}. \quad (5.87)$$

Для наиболее распространенных систем массового обслуживания данная зависимость принимает следующие выражения:

при $n = 1$:

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{\varphi}{1-\varphi}; \quad (5.88)$$

при $n = 2$:

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{\varphi^2}{1-\varphi^2}; \quad (5.89)$$

при $n = 3$:

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{3\varphi^3}{2 + 2\varphi - \varphi^2 - 3\varphi^3}; \quad (5.90)$$

при $n = 4$:

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{4\varphi^4}{1,5 + 3\varphi + 1,5\varphi^2 - 2\varphi^3 - 4\varphi^4}. \quad (5.91)$$

Продолжительность выполнения большинства операций технологического процесса работы транспортного флота подвержена меньшей колеблемости, чем это предусмотрено показательным законом распределения, а коэффициент вариации данных величин, как правило, меньше 1. Это, как отмечалось ранее, объясняется тем, что судопотоки имеют последствие, то есть не являются абсолютно случайными. Поэтому приведенные выше зависимости отражают упрощенную модель транспортного процесса, хотя и могут применяться для ряда частных случаев.

Ниже приведены формулы, полученные путем статистического моделирования, которые учитывают практически любую регулярность входящего потока транзактов ($0 \leq v_n \leq 1$) и длительности обслуживания ($0 \leq v_{\text{обс}} \leq 1$), а также групповое поступление транзактов (для $m \leq 4$):

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{n^{n-2}\varphi^n k_1 k_2}{(n-1)!(1-\varphi)^2 \sum_{z=0}^{n-1} \frac{n^z \varphi^n}{z!} + n^{n-1} \varphi^n (1-\varphi)}, \quad (5.92)$$

где k_1, k_2 – поправочные коэффициенты:

$$k_1 = \left(\frac{1 + v_{\text{обс}}^2}{5 - 3v_n} \right) \left(\frac{v_n(v_{\text{обс}}^2 + v_n(1 - v_{\text{обс}}^2)) + \varphi^2(v_{\text{обс}}^2 + \varphi^2(1 - v_{\text{обс}}^2))}{1 + \varphi^2(v_{\text{обс}}^2 + \varphi^2(1 - v_{\text{обс}}^2))} \right) \left(\frac{1 + \varphi v_{\text{обс}}^2 v_n^2}{1 + \varphi v_{\text{обс}}^2 v_n} \right); \quad (5.93)$$

$$k_2 = 1 + \varphi(1 - \varphi^2)(m^2 - 1) \left(\frac{5 + 0,03m^4\varphi^4}{m^2 + 0,2m\varphi^4} + 2,9n \left(\frac{m + \varphi}{m + 1} \right)^3 (1 - \varphi)^2 \right). \quad (5.94)$$

Тогда для различных значений n относительная длительность ожидания может быть определена, как произведение коэффициентов k_1 и k_2 на соответствующее выражение (5.88)–(5.91), то есть при $n = 1$

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{\varphi k_1 k_2}{1 - \varphi}; \quad (5.95)$$

при $n = 2$

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{\varphi^2 k_1 k_2}{1 - \varphi^2}, \quad (5.96)$$

и так далее.

При $v_n = v_{\text{обс}} = 1$ и $m = 1$ выражение (5.92) принимает вид выражения (5.87), то есть выражение (5.87) и его модификации (5.88)–(5.91) являются частным случаем выражения (5.92), когда поток заявок простейший, а продолжительность обслуживания распределено по показательному закону.

На рисунке 5.34, а представлены графики зависимости относительной длительности ожидания обслуживания от коэффициента использования пропускной способности одноканальной системы для различных характеристик регулярности потока транзактов, входящих в систему, и интервалов их обслуживания, а на рисунке 5.34, б – графики зависимости $\gamma_{\text{ож}} = f(\varphi)$, но для систем с различным числом каналов обслуживания и постоянными характеристиками регулярности потоков ($v_n = v_{\text{обс}} = 1$).

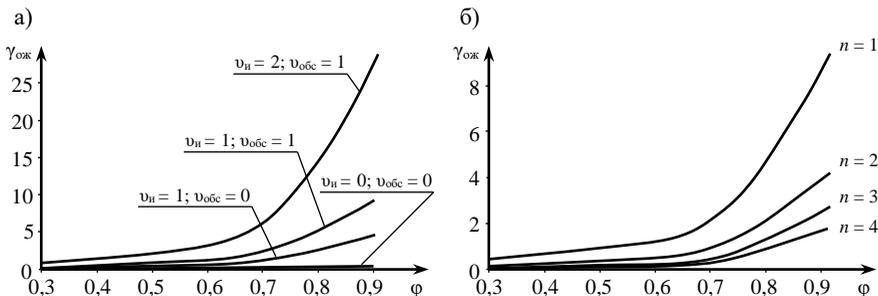


Рисунок 5.34 – Графики зависимостей относительной длительности ожидания обслуживания $\gamma_{\text{ож}}$ от коэффициента использования пропускной способности системы:

$$a - \gamma_{\text{ож}} = f(\varphi, v_n, v_{\text{обс}}), \quad б - \gamma_{\text{ож}} = f(\varphi, n)$$

На основании графиков, представленных на рисунке 5.34, можно сделать следующие технологические выводы:

1) длительность ожидания обслуживания возрастает при росте коэффициента загрузки системы, особенно резко при $\varphi > 0,5$;

2) регулярное обслуживание ($v_{\text{обс}} = 0$) существенно снижает длительность его ожидания (более чем в 2 раза);

3) регулярное появление транзактов в системе ($v_{\text{и}} = 0$) существенно снижает длительность ожидания обслуживания;

4) увеличение каналов обслуживания снижает длительность ожидания обслуживания.

Еще одной разновидностью систем массового обслуживания смешанного типа с ожиданием является система, в которой не может находиться транзактов более чем некоторое число M , при этом часть транзактов в системе уже может находиться на обслуживании, а часть – в ожидании обслуживания (в очереди). Для такой системы с простейшим потоком транзактов и показательной распределенной длительностью обслуживания характеристики находятся из нижеприведенных выражений.

Вероятность того, что занято z каналов при условии, что число транзактов, находящихся в системе, не превышает числа обслуживающих каналов ($1 \leq z \leq n$) находится по формуле

$$P_z = \frac{s! \alpha^z}{z!(s-z)!} P_0, \quad (5.97)$$

где s – наибольшее число транзактов, одновременно находящихся в системе.

Вероятность того, что в системе находится z транзактов, для случая, когда их больше числа обслуживающих каналов ($n < z \leq s$):

$$P_z = \frac{s! \alpha^z}{(s-z)! n! n^{z-n}} P_0. \quad (5.98)$$

Вероятность того, что все обслуживающие каналы свободны

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{z=0}^n \frac{s! \alpha^z}{z!(s-z)!} + \sum_{z=n+1}^s \frac{s! \alpha^z}{n^{z-n} n!(s-z)!}}. \quad (5.99)$$

Средняя длина очереди (число транзактов, ожидающих обслуживания)

$$\bar{m} = \sum_{z=n+1}^s \frac{(z-n)s! \alpha^z P_0}{n^{z-n} n!(s-z)!}. \quad (5.100)$$

Среднее число транзактов, находящихся в системе

$$\bar{s} = \left(\sum_{z=1}^n \frac{s! \alpha^z}{(z-1)!(s-z)!} + \sum_{z=n+1}^s \frac{zs! \alpha^z}{n^{z-n} n!(s-z)!} \right) P_0. \quad (5.101)$$

Среднее число свободных обслуживающих каналов

$$\bar{n} = \sum_{z=1}^{n-1} (n-z)P_z = \sum_{z=0}^n \frac{(n-z)s! \alpha^z}{z!(s-z)!} P_0. \quad (5.102)$$

Коэффициент простоя транзактов (отношение средней длины очереди к наибольшему числу транзактов, находящихся одновременно в системе)

$$\frac{\bar{m}}{s} = \frac{(s-1)!}{n!} \sum_{z=n+1}^s \frac{(z-n)\alpha^z}{n^{z-n}(s-z)!} P_0. \quad (5.103)$$

Коэффициент простоя каналов обслуживания (отношение среднего числа свободных обслуживающих каналов к их общему числу)

$$\frac{\bar{n}}{n} = \sum_{z=0}^{n-1} P_z - \frac{1}{n} \sum_{z=0}^{n-1} zP_z. \quad (5.104)$$

Вероятность того, что число транзактов, ожидающих начала обслуживания, больше некоторого числа M :

$$P(m > M) = \sum_{z=M+1}^s P_z = 1 - \sum_{z=0}^M P_z. \quad (5.105)$$

Длительность ожидания обслуживания можно определить из выражения (5.62) или исходя из анализа вышеприведенных зависимостей:

$$t_{\text{ож}} = \gamma_{\text{ож}} t_{\text{обс}} = \frac{\bar{m}}{\lambda} = \frac{\bar{m}}{m\mu}; \quad (5.106)$$

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{t_{\text{ож}}}{t_{\text{обс}}} = \frac{\bar{m}}{n\Phi} = \frac{\bar{m}}{\alpha}. \quad (5.107)$$

При управлении работой флота эксплуатационный аппарат судоходных компаний стремится добиться ритмичности, а диспетчерское регулирование позволяет снизить влияние случайных факторов на транспортный процесс. По этим причинам судопотоки, в подавляющем числе случаев, отличаются от простейших, описываемых распределением Пуассона. Аналогичные действия, связанные с оперативным регулированием потока транзактов, могут быть характерны и для прочих потоков.

Важной характеристикой таких систем массового обслуживания является максимальная длина очереди m , которая допускается в регулируемой системе обслуживания. Для простейших потоков транзактов характеристики обслуживания в системе с регулированием могут быть найдены из выражений, приведенных ниже.

Вероятность того, что все обслуживающие каналы свободны,

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{z=0}^{n-1} \frac{(n\Phi)^z}{z!} + \frac{(n\Phi)^n (1-\Phi)^{m+1}}{n!(1-\Phi)}}. \quad (5.108)$$

Вероятность того, что занято z обслуживающих каналов при условии, что общее число транзактов, находящихся на обслуживании, не превышает числа каналов:

$$P_z = \frac{(n\Phi)^z}{z!} P_0. \quad (5.109)$$

Вероятность того, что в системе находится z транзактов, для случая, когда их больше числа обслуживающих каналов (то есть в очереди находится $z - n$ транзактов):

$$P_z = \frac{(n\Phi)^z}{n!n^{z-n}} P_0. \quad (5.110)$$

Вероятность отказа в обслуживании транзакта в такой системе соответствует вероятности того, что все n каналов заняты и в очереди находится максимально допустимое регулированием количество транзактов m (то есть в системе находится $m + n$ транзактов):

$$P_{\text{отк}} = \frac{(n\Phi)^{m+n}}{n!n^m} P_0 = \frac{\Phi^m}{n! \sum_{z=0}^{n-1} \frac{(n\Phi)^{z-n}}{z!} + \frac{1 - \Phi^{m+1}}{1 - \Phi}}. \quad (5.111)$$

Вероятность того, что все каналы заняты, определяется из выражения

$$P_n = \frac{1 - \Phi^{m+1}}{n!(1 - \Phi) \sum_{z=0}^{n-1} \frac{(n\Phi)^{z-n}}{z!} + 1 + \Phi^{m+1}}. \quad (5.112)$$

Средняя длина очереди

$$\bar{m} = \frac{(n\Phi)^n}{n!(1 - \Phi)^2} (\Phi - (m+1)\Phi^{m+1} + m\Phi^{m+2}) P_0. \quad (5.113)$$

Среднее число транзактов, находящихся в системе

$$\bar{s} = m + \left(\frac{(n\Phi)^n (1 - \Phi^{m+1})}{(n-1)!(1 - \Phi)} + \sum_{z=1}^{n-1} \frac{(n\Phi)^z}{(z-1)!} \right) P_0. \quad (5.114)$$

Среднее число свободных обслуживающих каналов

$$\bar{n} = \sum_{z=0}^{n-1} \frac{(n-z)(n\Phi)^z}{z!} P_0. \quad (5.115)$$

Вероятность того, что длительность обслуживания транзакта будет больше заданного времени t :

$$P(T > t) = \left(\frac{n\Phi^n e^{-\mu t}}{n!(1 - \Phi)} \sum_{z=0}^{n-1} \frac{(\mu n t)^z}{z!} (\Phi^z - \Phi^m) \right) P_0. \quad (5.116)$$

Пропускная способность системы массового обслуживания

$$\Pi = \lambda(1 - P_{\text{отк}}). \quad (5.117)$$

Для систем с обслуживанием, распределенным по закону Эрланга ($0 \leq v_{\text{обс}} \leq 1$) и входящим потоком, регулируемым ограничением очереди в ожидании обслуживания, длительность ожидания находится исходя из следующих зависимостей:

$$t_{\text{ож}} = \gamma_{\text{ож}} t_{\text{обс}} k_1; \quad (5.118)$$

$$k_1 = \frac{1 + v_{\text{обс}}^2}{2}; \quad (5.119)$$

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{n^{n-1} \varphi^n (1 - \varphi^n - m \varphi^m (1 - \varphi))}{(1 - \varphi) \left(n! (1 - \varphi) \sum_{z=0}^{n-1} \frac{n^z \varphi^z}{z!} + n^n \varphi^n (1 - \varphi^m) \right)}; \quad (5.120)$$

при $n = 1$

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{\varphi(1 - \varphi^m - m \varphi^m (1 - \varphi))}{(1 - \varphi)(1 - \varphi^{m+1})}; \quad (5.121)$$

при $n = 2$

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{2\varphi^2(1 - \varphi^m - m \varphi^m (1 - \varphi))}{(1 - \varphi)(1 + \varphi - 2\varphi^{m+2})}; \quad (5.122)$$

при $n = 3$

$$\gamma_{\text{ож}} = \frac{3\varphi^3(1 - \varphi^m - m \varphi^m (1 - \varphi))}{(1 - \varphi)(2 + 4\varphi - 3\varphi^2 - 9\varphi^{m+3})}. \quad (5.123)$$

Графики зависимости $\gamma_{\text{ож}} = f(n, m, \varphi)$ представлены на рисунке 5.35.

Существенное отличие в длительности ожидания обслуживания для систем с регулированием потока транзакта относительно других систем (рисунки 5.35, 5.34) объясняется тем, что даже при отсутствии резерва пропускной способности (при $\varphi \rightarrow 1$, а $(1 - \varphi) \rightarrow 0$) в них не образуется значительных очередей.

При оперативном управлении потоком транзактов значение максимальной длины очереди можно нормировать исходя из зависимости

$$m = n\varphi \left(\frac{1 + v_{\text{обс}}}{1 - v_{\text{н}}} - 1 \right). \quad (5.124)$$

Как видно, если в процессе регулирования удастся организовать регулярный поток транзактов на обслуживание ($v_{\text{н}} \rightarrow 0$) и близкое к регулярному обслуживанию ($v_{\text{обс}} \rightarrow 0$), тогда согласно формуле (5.124):

$$m = n\varphi \left(\frac{1+0}{1-0} - 1 \right) = 0,$$

то есть, очередь в ожидании обслуживания образовываться не будет, и, наоборот, при неудовлетворительном регулировании ($v_n \rightarrow 1$), независимо от регулярности обслуживания, постоянно будет образовываться очередь:

$$m = n \rho \left(\frac{1 + (0 \dots 1)}{1 - 1} - 1 \right) = \infty.$$

Все вышеприведенные примеры систем массового обслуживания и выражения для расчета их характеристик основывались на принципе равнозначности транзактов: «первый пришел – первый обслужился», хотя на практике наиболее распространены системы с приоритетом обслуживания.

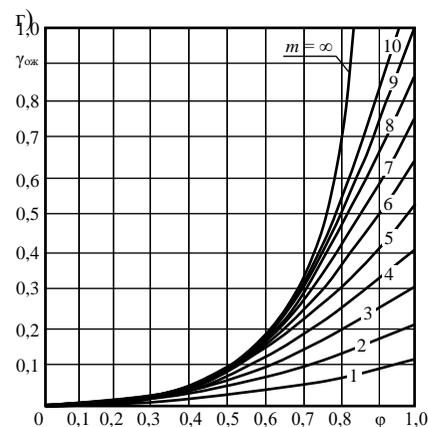
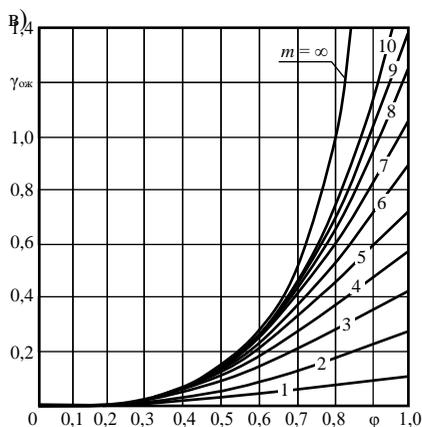
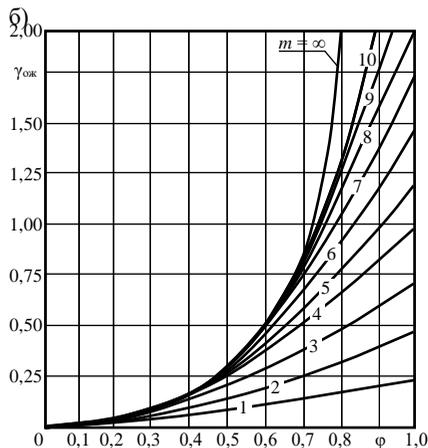
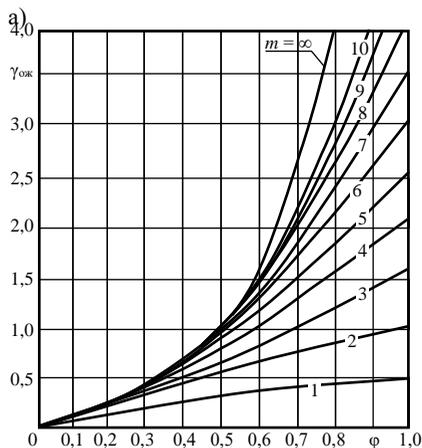


Рисунок 5.35 – Графики зависимости относительной длительности ожидания обслуживания $\gamma_{ож}$ от пропускной способности системы Φ :

a – одноканальной; b – двухканальной; v – трехканальной; z – четырехканальной

Если транзактам задать приоритет, то в первую очередь поступают на обслуживание транзакты с высшим приоритетом, и лишь после них – с низшим.

Среднюю длительность ожидания обслуживания для транзактов первого t_1 (высшего) и второго t_2 (низшего) приоритета можно определить по формулам:

$$t_1 = \frac{1 - \Phi}{1 - \frac{\lambda_1}{\lambda} \Phi} \gamma_{ож} t_{обс}; \quad (5.125)$$

$$t_2 = \frac{1}{1 - \frac{\lambda_1}{\lambda} \Phi} \gamma_{ож} t_{обс}, \quad (5.126)$$

где λ_1 , λ – соответственно, частота поступления транзактов первого приоритета и общая частота поступления транзактов.

Если отношение λ_1 к λ задать в виде коэффициента

$$b = \frac{\lambda_1}{\lambda}, \quad (5.127)$$

то формулы (5.125) и (5.126) можно представить в следующем виде:

$$t_1 = a_1^n \gamma_{ож} t_{обс}; \quad (5.128)$$

$$t_2 = a_2^n \gamma_{ож} t_{обс}, \quad (5.129)$$

где a_1^n , a_2^n – коэффициенты влияния приоритета на продолжительность обслуживания, рассчитываемые, соответственно, по формулам

$$a_1^n = \frac{1 - \Phi}{1 - b\Phi} < 1,0; \quad (5.130)$$

$$a_2^n = \frac{1}{1 - b\Phi} > 1,0. \quad (5.131)$$

Так как $a_1^n < 1$, то это приводит к уменьшению длительности ожидания транзактов первого приоритета за счет дополнительных задержек в ожидании обслуживания транзактов второго приоритета ($a_2^n > 1$), то есть

$$t_1 \leq t_{ож} \leq t_2. \quad (5.132)$$

Таким образом, введение приоритета в обслуживании, не изменяя среднего времени его ожидания по всем транзактам, снижает ожидание транзактов высшего (первого) приоритета и увеличивает его для транзактов второго приоритета, что наглядно показано на рисунке 5.36.

Подводя итог к материалам данного подраздела пособия нужно отметить, что несмотря на незначительную долю в круговом рейсе транспортного судна продолжительности выполнения технологических операций, их нормирование, учет и сокращение является важной составляющей совершенствования технологии работы речного транспорта и, следовательно, повышения его конкурентоспособности.

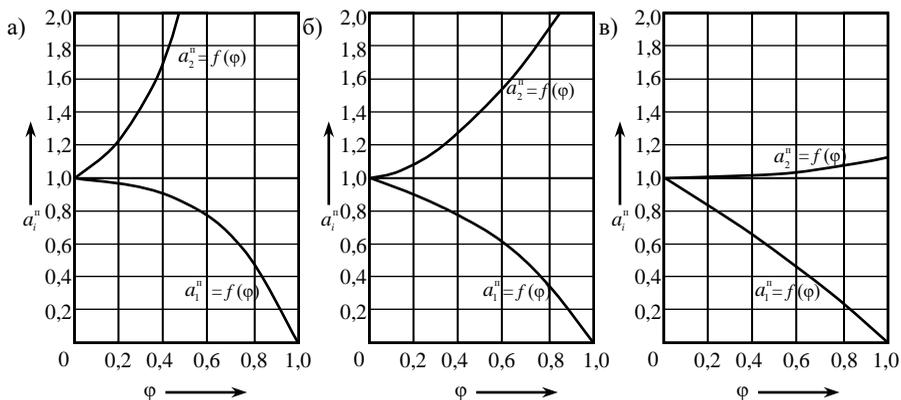


Рисунок 5.36 – График зависимости коэффициента влияния приоритета от коэффициента использования пропускной способности системы:

a – при $b = 0,8$; б – при $b = 0,5$; в – при $b = 0,1$

В общем виде нормы времени на выполнение технологических операций независимо от их характера и места выполнения можно определить исходя из выражения:

$$t_{\text{тех}} = \gamma_{\text{ож}} t_{\text{обс}} \quad (5.133)$$

В практической реализации нормирования с применением формулы (5.128) трудности состоят в объективном определении коэффициента $\gamma_{\text{ож}}$, зависящего от многочисленных факторов перевозочного процесса и технологии работы речного флота. Стремление к учету максимального их количества существенно осложняет методики определения искомого коэффициента, а ограничение учитываемых факторов – к снижению точности и достоверности нормирования. Поэтому важным аспектом нормирования технологических операций является определение требуемой точности, которая будет являться основой компромисса между

достоверностью нормы и сложностью определения ее объективного значения.

Общий подход к определению коэффициента $\gamma_{ож}$ заключается в изучении процесса обслуживания, выделении в нем наиболее значимых факторов и создании модели, адекватно описывающей данный процесс. Если данная модель является моделью массового обслуживания то для определения искомого коэффициента можно применять методики, описанные в данном подразделе.

По аналогии с нормированием ходовых, грузовых и технических операций помимо аналитических методов можно применять и другие методы нормирования, либо совмещать их с обработкой результатов натурных наблюдений, статистических данных об исследуемом процессе и т. д.

5.6 Анализ выполнения технических норм и их корректировка

Для того чтобы технические нормы постоянно соответствовали условиям, в которых протекает транспортный процесс, чтобы они способствовали объективной оценке труда экипажей судов и береговых работников, повышению производительности труда и эффективности работы флота, технические нормы требуется постоянно корректировать. Изменение факторов внешней и внутренней среды работы речного транспорта – такие, например, как изменение путевых условий, изменение дислокации грузовых и пассажирских потоков, появление новых схем доставки грузов и пассажиров, изменение схем комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ, изменение мезановооруженности портов – требуют обоснования новых объективных технических норм.

Корректировка норм проводится на основе сочетания различных расчетных методов с анализом фактических данных об их выполнении.

В качестве исходных материалов для анализа выполнения норм используются различные источники: выписки из путевых журналов, данные оперативного учета о работе флота, выполняемого диспетчерским аппаратом, планы-приказы с отметками о фактическом исполнении заданий и т. д. Кроме того, для эффективного решения данной задачи могут проводиться хронометражные наблюдения.

Простейшим способом анализа выполнения норм является сравнение фактически достигнутых норм с плановыми. Уровень выполнения нормы в этом случае определяется по формуле

$$\alpha = \frac{100x_{\phi}}{x_{пл}}, \quad (5.134)$$

где x_{ϕ} – фактическое значение нормы, полученное в результате анализа;

$x_{пл}$ – плановое значение технической нормы.

В качестве фактического значения нормы обычно принимают среднестатистическое значение, очищенное от частных экстремальных случаев, резко отличающихся от массовых значений исследуемой нормы:

$$x_{\phi} = \frac{1}{n_{сл}} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (5.135)$$

где $n_{сл}$ – число учтенных случаев наблюдений нормы;

x_i – единичные значения норм.

Рекомендуемая норма необязательно должна быть равна среднестатистическому значению, соответствующему достигнутому на момент анализа уровню производства. Как говорилось в подразд. 5.1, она должна

отражать передовые тенденции в развитии производства, быть объективной, прогрессивной и напряженной.

6 ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА

6.1 Общая характеристика системы эксплуатационных показателей работы транспортного флота

Для оценки эффективности использования транспортного флота на перевозках, а следовательно, и качества организации его работы, используются эксплуатационные показатели работы флота. Система эксплуатационных показателей работы флота является основой научной организации всего перевозочного процесса на речном транспорте, базой для планирования перевозок грузов и организации движения флота, учета и оценки результатов деятельности судоходной компании.

Эксплуатационные показатели работы флота на речном транспорте начали внедрять с 1923 г. Ведущая роль в их обосновании и разработке принадлежит члену-корреспонденту Академии наук СССР В. В. Звонкову.

Состав эксплуатационных показателей работы речного транспортного флота очень разнообразен. Показателями оценивают все виды работ и все операции транспортного процесса. Их рассчитывают дифференцированно, в зависимости от назначения и потребности пользователей. Показатели определяют: по видам флота, в том числе транзитному и местному; на перевозках сухогрузов, нефтегрузов, буксировке плотов; по основным типам судов, отдельным линиям или группе линий; направлению движения и в среднем в обоих направлениях. При необходимости рассчитывают средние сводные показатели в целом по грузовому флоту (самоходному и несамоходному), буксирному (сухогрузному и нефтеналивному). В зависимости от целевого назначения показатели выделяют фактические (фактически выполненные за определенный период), базисные (за базовый период, с которым производится сравнение) и плановые (на плановый период).

Система эксплуатационных показателей работы флота насчитывает десятки показателей, однако наибольшее распространение получили наиболее значимые из них.

По своему содержанию все показатели объединяют в четыре группы:

- нагрузки;
- скорости;
- времени;

– производительности.

Как видно, в структуре системы эксплуатационных показателей и технических норм есть много общего, и эта общность обусловлена наличием принципиальной взаимосвязи между нормированием и оценкой работы флота. Техническая норма характеризует техническую возможность выполнения операции, а эксплуатационные показатели – степень реализации этой возможности. Нормы определяются техническими характеристиками, а на эксплуатационные показатели, помимо этих характеристик, значительное влияние оказывают организационные факторы.

Например, техническая норма продолжительности движения флота по участку водного пути устанавливается исходя из зависимости (5.10) и определяется средней технической скоростью его движения. Однако судовождение в реальных условиях характеризуется постоянным изменением значений скорости, вызванным различными факторами: гидрологическими, метеорологическими, организационными, человеческим фактором, форс-мажорными обстоятельствами и прочими. То есть, фактическое значение скорости на данном участке может быть как больше, так и меньше технической нормы, что, в свою очередь, вызывает изменение фактического значения продолжительности движения флота по участку от технической нормы. Величина этого изменения находит отражение в значении соответствующего эксплуатационного показателя.

В целях использования эксплуатационных показателей для сравнительной оценки работы судов различных типов показатели рассчитывают не для конкретного судна, а на одну тонну грузоподъемности (тоннажа) грузового флота, на один киловатт мощности буксирного флота и на одно пассажирское место пассажирского флота. При этом значения мощности, грузоподъемности и пассажироместимости принимаются регистрационные. Это позволяет унифицировать оценку эффективности работы различного флота и абстрагироваться от ряда субъективных факторов, оказывающих на нее влияние, что особенно актуально для оценки деятельности судоходной компании персоналом высшей сферы управления.

В практике эксплуатационных расчетов показатели использования грузовых судов принято обозначать знаком $'$, а показатели использования пассажирских судов – индексом «пас», чтобы отличить их от соответствующих показателей по тяговым средствам. Например, техническая скорость грузового судна обозначается u' , пассажирского – $u_{\text{пас}}$. Если какая-то задача решается только по одному виду флота, то знак $'$ или индекс «пас», обычно, не ставят.

Следует также отметить, что система эксплуатационных показателей речного флота имеет много общего с аналогичными системами показателей использования подвижного состава на других видах транспорта. Это дает возможность анализировать и давать сравнительную оценку работы

различных транспортных ведомств, в том числе при организации смешанных сообщений.

6.2 Расчет эксплуатационных показателей работы флота

6.2.1 Расчет эксплуатационных показателей нагрузки

Для грузового флота рассчитываются показатели нагрузка по отправлению и нагрузка по пробегу, характеризующие степень использования грузоподъемности судов в грузеных рейсах. Показатель нагрузки по отправлению показывает, сколько тонн груза в среднем приходится на одну тонну тоннажа судов, загруженных в пункте отправления:

$$p'_{от} = \frac{\sum G}{\sum Q_p}, \quad (6.1)$$

где $\sum G$ – общая масса груза, погруженного в пункте отправления, т;

$\sum Q_p$ – общая регистрационная грузоподъемность судов (суммарный тоннаж), загруженных в пункте отправления, т.

Значение показателя нагрузки по отправлению, как правило, изменяется в пределах от 0 до 1 т/т тоннажа. Данный показатель может быть и больше 1 т/т тоннажа в определенные периоды навигации или грузовые рейсы, когда некоторые суда могут принять на борт груза больше своей регистрационной грузоподъемности. Последний факт указывает на возможный резерв повышения нагрузки, а следовательно, и эффективности работы речного флота.

В связи с тем, что грузовые суда имеют не одинаковую грузоподъемность, используются на линиях разной протяженности и с разной загрузкой, а во время рейса могут иметь место догрузка, паузка или отгрузка груза, переформирование состава самоходных судов, возникает необходимость определять средний показатель, характеризующий использование одной тонны грузоподъемности грузового флота на всем протяжении пробега с грузом. В качестве такого показателя в эксплуатационной науке водного транспорта выступает показатель *нагрузка по пробегу*

$$p' = \frac{\sum Gl}{\sum Q_p l_r}, \quad (6.2)$$

где $\sum Gl$ – выполненная флотом транспортная работа (грузооборот) за все рассматриваемые рейсы, т·км;

$\sum Q_p l_r$ – затраты тоннаже-километров на пробег флота за рассматриваемые рейсы, т·км.

Показатель нагрузки по пробегу равен нагрузке по отправлению только в частном случае, когда дальность перевозки грузов во всех рейсах одинаковы, например, при расчетах эксплуатационных показателей для

одной грузовой линии. В других случаях равенства показателей нагрузки наблюдаться не будет, при этом характерны следующие тенденции:

– если $p'_{от} > p$, то это значит, что тоннаж с меньшей нагрузкой отправлялся на большее расстояние и с большей нагрузкой на ближнее расстояние, или в пути производилась паузка (отгрузка);

– если $p'_{от} < p$, то следовательно, тоннаж с большей нагрузкой отправлялся на дальнее расстояние и с меньшей нагрузкой на ближнее расстояние, или в пути производится догрузка флота.

Пример. Требуется рассчитать показатели нагрузки по отправлению и пробегу для группы грузовых судов, характеристики работы которых приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Исходные данные для примера

Проект	Грузоподъемность, т		Расстояние перевозки, км	Число грузевых рейсов
	регистрационная	эксплуатационная		
507	5000	5000	1400	6
507	5000	4200	800	10
791	2700	2500	1800	9
791	2700	2200	1200	10
21-88	2000	2000	1200	9
21-88	2000	2000	800	2

Решение.

Общая масса груза, погруженная в порту отправления,

$$\Sigma G = 5000 \cdot 6 + 4200 \cdot 10 + 2500 \cdot 9 + 2200 \cdot 10 + 2000 \cdot 9 + 2000 \cdot 2 = 138,5 \text{ тыс. т.}$$

Суммарный тоннаж, используемый для перевозок

$$\Sigma Q_p = 5000 \cdot 6 + 5000 \cdot 10 + 2700 \cdot 9 + 2700 \cdot 10 + 2000 \cdot 9 + 2000 \cdot 2 = 153,3 \text{ тыс. т.}$$

Следовательно, нагрузка по отправлению для данной группы судов, рассчитываемая по формуле (6.1)

$$p'_{от} = \frac{138,5 \cdot 10^3}{153,3 \cdot 10^3} = 0,903.$$

Общий грузооборот, выполненный судами в рейсах

$$\Sigma GI = 5000 \cdot 1400 \cdot 6 + 4200 \cdot 800 \cdot 10 + 2500 \cdot 1800 \cdot 9 + 2200 \cdot 1200 \cdot 10 + 2000 \cdot 1200 \cdot 9 + 2000 \cdot 800 \cdot 2 = 167,30 \text{ млн т} \cdot \text{км},$$

затраты тоннаже-километров на пробег флота с грузом

$$\Sigma Q_{pI} = 5000 \cdot 1400 \cdot 6 + 5000 \cdot 800 \cdot 10 + 2700 \cdot 1800 \cdot 9 + 2700 \cdot 1200 \cdot 10 + 2000 \cdot 1200 \cdot 9 + 2000 \cdot 800 \cdot 2 = 182,94 \text{ млн т} \cdot \text{км}.$$

Нагрузка по пробегу, рассчитываемая по формуле (6.2),

$$p'_{от} = \frac{167,3 \cdot 10^6}{182,9 \cdot 10^6} - 0,915.$$

Различные значения показателей нагрузки, полученные в примере, объясняются тем, что тоннаж с большей нагрузкой работал на рейсах со значительной протяженностью, при этом в рейсах не наблюдалось изменение загрузки флота (паузка, догрузка и т. д.).

Для тяговых средств нагрузка по отправлению определяет массу груза, приходящегося на единицу мощности буксира-толкача в момент отправления состава из начального пункта:

$$p_{от} = \frac{\sum G}{\sum N_p}, \quad (6.3)$$

где $\sum N_p$ – общая регистрационная мощность буксирных судов, участвующих в перевозке груза общей массой $\sum G$ тонн, погруженного в пункте отправления, кВт.

Нагрузка тяговых средств по пробегу определяет средневзвешенную нагрузку на единицу мощности с учетом подбуксировки, отгрузки, паузки флота, переформирования состава и других операций, вызывающих изменение грузовой массы состава во время рейса:

$$p = \frac{\sum Gl}{\sum N_p l_r}, \quad (6.4)$$

где $\sum N_p l_r$ – затраты киловатт-километров на пробег тяги с грузеными составами, кВт·км.

Пример. Состав несамоходных судов с грузом массой 2400 т отправлен в рейс с толкачем мощностью 440 кВт. В рейсе состав несколько раз переформировывался: через 117 км грузовая масса состава составила 1800 т, еще через 620 км – 1200 т, еще через 210 км – 600 т, и с такой загрузкой рейс был завершен на расстоянии 1022 км от пункта отправления. Требуется определить показатели нагрузки для толкача.

Решение.

В соответствии с условием задачи, нагрузка по отправлению для толкача, рассчитываемая по формуле (6.3),

$$p_{от} = \frac{2400}{440} = 5,45 \text{ т/кВт.}$$

Для определения нагрузки по пробегу рассчитывается:

– грузооборот, выполненный составом за рассматриваемый рейс,

$$\Sigma Gl = 2400 \cdot 117 + 1800 \cdot 620 + 1200 \cdot 210 + 600 \cdot 75 = 1,694 \text{ млн т} \cdot \text{км};$$

– затраты киловатт-километров на пробег тяги с груженными составами

$$\Sigma N_p L_r = 440 \cdot 1022 = 0,450 \text{ млн т} \cdot \text{км}.$$

Тогда нагрузка по пробегу для толкача рассчитывается по формуле (6.4):

$$P_{от} = \frac{1,694 \cdot 10^6}{0,450 \cdot 10^6} = 3,76 \text{ т/кВт}.$$

Наблюдаемая в примере разница между показателями нагрузки по отправлению и пробегу вызвана снижением грузовой массы состава в рейсе.

Для пассажирского флота установлен показатель нагрузки на одно пассажирское место (населенность) по отправлению и пробегу. Порядок определения данных показателей аналогичен расчету показателей нагрузки по грузовому и буксирному флоту:

$$P_{пасс от} = \frac{\Sigma Y}{\Sigma M}, \quad (6.5)$$

$$P_{пасс} = \frac{\Sigma Yl}{\Sigma Ml_{пасс}}, \quad (6.6)$$

где ΣY – общее число пассажиров, отправленных из начального пункта линии, пассажиров;

ΣM – суммарная пассажироместимость судов, отправленных в рейс за расчетный период, пассажирских мест;

ΣYl – общий пассажирооборот, выполненный судном или их группой за определенный период, пассажиро-километров;

$\Sigma Ml_{пасс}$ – затраты пассажирского флота (пассажирское место-километров) использованного за рассматриваемый период для освоения пассажирооборота, пассажирское место-км.

Помимо вышеописанных показателей для грузового флота иногда рассчитывают такие показатели нагрузки как *коэффициент использования грузоподъемности* и *коэффициенты порожнего и груженого пробега* грузовых судов. Коэффициент использования грузоподъемности характеризует использование флота не только в груженых, но и в порожних рейсах:

$$\varepsilon' = \frac{\Sigma Gl}{\Sigma Q_p l_r + \Sigma Q_p l_{пор}}, \quad (6.7)$$

где $\Sigma Q_p l_{пор}$ – затраты тоннаже-километров на порожний пробег флота, км.

Коэффициент использования грузоподъемности и нагрузка по пробегу взаимозависимы. Отношение этих показателей называется коэффициентом

груженого пробега и определяет долю пробега одной тонны тоннажа с грузом от общего пробега:

$$k'_r = \frac{\varepsilon'}{p'}, \quad (6.8)$$

тогда коэффициент порожнего пробега

$$k'_{\text{пор}} = 1 - k'_r. \quad (6.9)$$

Пример. Рассчитать коэффициент использования грузоподъемности теплохода проекта 21-88 с регистрационной грузоподъемностью 2000 т, выполнившего за рассматриваемый период 8 рейсов с загрузкой 1800 т на расстояние 1220 км, 6 рейсов с загрузкой 2000 т на расстояние 280 км и 6 порожних рейсов на расстояние 410 км.

Решение.

Выполненный судном грузооборот за рассматриваемый период

$$\sum G l = 1800 \cdot 1220 \cdot 8 + 2000 \cdot 280 \cdot 6 = 20,9 \text{ млн т} \cdot \text{км},$$

затраты тоннаже-километров на груженный и порожний пробег флота

$$\begin{aligned} \sum Q_p l_r + \sum Q_p l_{\text{пор}} &= (2000 \cdot 1220 \cdot 8 + 2000 \cdot 280 \cdot 6) + 2000 \cdot 410 \cdot 6 = \\ &= 27,8 \text{ млн т} \cdot \text{км}. \end{aligned}$$

Тогда коэффициент использования грузоподъемности, рассчитываемый по формуле (6.7):

$$\varepsilon' = \frac{20,9 \cdot 10^6}{27,8 \cdot 10^6} = 0,752.$$

Нагрузка по пробегу для данного теплохода

$$p' = \frac{20,90 \cdot 10^6}{22,88 \cdot 10^6} = 0,913,$$

тогда коэффициент груженого пробега судна

$$k'_r = \frac{0,752}{0,913} = 0,824;$$

коэффициент порожнего пробега

$$k'_{\text{пор}} = 1 - \frac{0,752}{0,913} = 0,176.$$

Еще одним показателем, характеризующим использование пассажироместимости судна, является коэффициент сменности

$$k_{\text{см}} = \frac{\sum Y}{M}. \quad (6.10)$$

Данный показатель в некоторой степени характеризует трудоемкость обслуживания пассажиров экипажем.

Пример. Рассчитать показатели населенности и коэффициент сменности пассажиров для судна пассажировместимостью 100 человек для пассажиропотока, представленного на дислокации (рисунок 6.1).

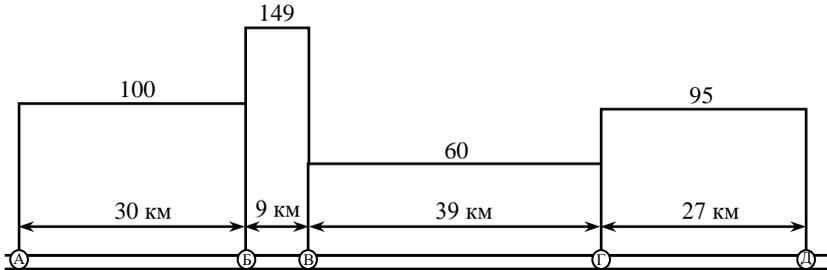


Рисунок 6.1 – Диаграмма перевезенных судном пассажиров на линии А – Д

Решение.

Населенность по отправлению из начального пункта линии равна 1, так как в момент отправления на борту судна находилось 100 пассажиров при пассажировместимости – 100 человек. Населенность по пробегу, рассчитываемая по формуле (6.6),

$$P_{\text{пас}} = \frac{100 \cdot 30 + 149 \cdot 9 + 60 \cdot 39 + 95 \cdot 27}{100 \cdot 105} = \frac{9246}{10500} = 0,88;$$

коэффициент сменности

$$k_{\text{см}} = \frac{100 + 149 + 60 + 95}{100} = \frac{404}{100} = 4,04.$$

6.2.2 Расчет эксплуатационных показателей скорости

Эксплуатационным показателем скорости для всех видов транспортных судов является техническая скорость, рассчитываемая без учета стоянок в пути.

Среднюю техническую скорость рассчитывают по направлениям движения, с грузом и в порожнем состоянии, по типам флота:

$$u' = \frac{\sum Q_p l_{\Gamma}}{\sum Q_p t_{\text{х.г}}}, \quad (6.11)$$

$$u = \frac{\sum N_p l_{\Gamma}}{\sum N_p t_{\text{х.г}}}, \quad (6.12)$$

$$u_{\text{пас}} = \frac{\sum Ml_{\text{пас}}}{\sum Mt_{\text{х.пас}}}, \quad (6.13)$$

где $\sum Q_{\text{птх.г}}$, $\sum N_{\text{птх.г}}$, $\sum Mt_{\text{х.пас}}$, – затраты, соответственно, тоннаже-суток, киловатт-суток на грузовую перевозку и пассажирское место-суток на перевозку пассажиров.

Пример. Рассчитать среднюю техническую скорость для группы судов, данные о работе которых приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Исходные данные для примера

Проект	Регистрационная грузоподъемность, т	Время хода, сут	Расстояние перевозки, км	Число груженых рейсов
507	5000	4,67	1400	6
507	5000	3,26	800	10
791	2700	5,71	1800	9
791	2700	7,23	1200	10
21-88	2000	6,40	1200	9
21-88	2000	3,04	800	2

Решение.

Затраты тоннаже-километров на пробег флота с грузом

$$\sum Q_{\text{пт}} = 5000 \cdot 1400 \cdot 6 + 5000 \cdot 800 \cdot 10 + 2700 \cdot 1800 \cdot 9 + 2700 \cdot 1200 \cdot 10 + 2000 \cdot 1200 \cdot 9 + 2000 \cdot 800 \cdot 2 = 182,94 \text{ млн т} \cdot \text{км},$$

затраты тоннаже-суток на грузовую перевозку

$$\sum Q_{\text{птх.г}} = 5000 \cdot 4,67 \cdot 6 + 5000 \cdot 3,26 \cdot 10 + 2700 \cdot 5,71 \cdot 9 + 2700 \cdot 7,23 \cdot 10 + 2000 \cdot 6,40 \cdot 9 + 2000 \cdot 3,04 \cdot 2 = 691,92 \text{ тыс. тоннаже-суток},$$

тогда по формуле (6.11) рассчитывается показатель средней технической скорости, который составит

$$u' = \frac{182,94 \cdot 10^6}{691,92 \cdot 10^3} = 264,4 \text{ км/сут.}$$

Техническая скорость является важным показателем использования флота, но так как она не учитывает стоянки в пути, продолжительность которых часто оказывается значительной, иногда рассчитывают показатель путевой скорости, не обладающий данным недостатком. Путевой скоростью называется средняя скорость движения судов с учетом времени выполнения всех операций в пути следования.

6.2.3 Расчет показателей использования флота по времени

Основным показателем использования флота по времени является *средний оборот тоннажа*, равный отношению тоннаже-суток судов, находящихся в эксплуатации, к тоннаже-рейсам груженных судов:

$$\bar{t}'_{об} = \frac{\sum Q_p t_o}{\sum m'_{гр} Q_p}; \quad (6.14)$$

$$\bar{t}_{об} = \frac{\sum N_p t_o}{\sum m_{гр} N_p}. \quad (6.15)$$

Для пассажирского флота, работающего по расписанию, данный показатель не рассчитывается, временным показателем для него является круговой рейс.

Как видно из формул (6.14) и (6.15), в средний оборот судна включается продолжительность всех операций, имеющих место в эксплуатационном периоде. Продолжительность отдельных операций оборота определяется аналогично: отношением тоннаже-суток, затраченных на эту операцию к тоннаже-рейсам:

$$\bar{t}'_i = \frac{\sum Q_p t_i}{\sum m'_{гр} Q_p}. \quad (6.16)$$

Коэффициенты использования эксплуатационного времени характеризуют долю затрат по данной операции в составе эксплуатационного периода. На практике наибольшее распространение из таких коэффициентов получил *коэффициент использования времени на ход с грузом*. Рассчитывают данный коэффициент как отношение тоннаже-суток хода с грузом – для грузового флота, кВт·суток – для грузовых составов, пассажирское место-суток – для пассажирского флота, к тоннаже (киловатт, пассажирское-место)-суткам судов в эксплуатации:

$$\tau'_{хг} = \frac{\sum Q_p t_{хг}}{\sum Q_p t_o}; \quad (6.17)$$

$$\tau_{хг} = \frac{\sum N_p t_{хг}}{\sum N_p t_o}; \quad (6.18)$$

$$\tau_{х.пас} = \frac{\sum Mt_{х.пас}}{\sum Mt_o}. \quad (6.19)$$

Пример. Рассчитать показатели использования флота по времени для данных о его работе, приведенных в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Исходные данные для примера

Проект	Регистрационная грузоподъемность, т	Эксплуатационный период, сут	Число груженых рейсов, совершаемых судном за эксплуатационный период	Время хода судна с грузом в обороте, сут
1565	5000	208	30	4,2
791	2700	220	22	5,6
576	2000	194	52	2,8

Решение

Средняя продолжительность оборота грузовых теплоходов, рассчитываемая по формуле (6.14),

$$\bar{t}_{об} = \frac{5000 \cdot 208 + 2700 \cdot 220 + 2000 \cdot 194}{5000 \cdot 30 + 2700 \cdot 22 + 2000 \cdot 52} = \frac{2,022 \cdot 10^6}{313,4 \cdot 10^3} = 6,45 \text{ сут},$$

а коэффициент использования времени на ход с грузом, рассчитываемый по формуле (6.17):

$$\tau'_{хг} = \frac{5000 \cdot 30 \cdot 4,2 + 2700 \cdot 22 \cdot 5,6 + 2000 \cdot 52 \cdot 2,8}{2,022 \cdot 10^6} = \frac{1,254 \cdot 10^6}{2,022 \cdot 10^6} = 0,62.$$

Как видно из примера, показатель «средний оборот тоннажа» характеризует среднюю продолжительность оборота флота в груженом состоянии, и его значение, без дополнительных данных, не дает полной информации об эффективности его использования: для одного кругового рейса оборот 6,45 суток может говорить о высокой эффективности использования флота, а для другого – наоборот.

Коэффициент использования времени на ход с грузом показывает, какую долю эксплуатационного периода составляет движение тоннажа с грузом, то есть прямое его назначение. Так, значение показателя, полученное в рассмотренном примере, говорит о достаточно высокой эффективности использования флота по времени, так как в эксплуатационном периоде оно составило 62 %.

Показатель $\tau_{хг}$ принимает значения в диапазоне от 0 до 1, причем достичь значения, равного 1, нельзя, так как для этого требуется равенство продолжительности эксплуатационного периода и суммарной продолжительности движения флота с грузом, то есть, продолжительность технических, технологических и грузовых операций должны быть исключены из кругового рейса.

6.2.4 Расчет эксплуатационных показателей производительности

Эффективность использования флота одновременно по нагрузке, скорости и времени наиболее полно отражает комплексный эксплуатационный показатель «валовая производительность»,

характеризующий объем транспортной работы, приходящейся на одну тонну его грузоподъемности, на один киловатт мощности или на одно пассажирское место в среднем за одни сутки эксплуатационного периода, то есть за валовые сутки:

$$p'_B = \frac{\sum Gl}{\sum Q_p t_s}, \quad (6.20)$$

$$p_B = \frac{\sum Gl}{\sum N_p t_s}, \quad (6.21)$$

$$p_B^{\text{пас}} = \frac{\sum Yl}{\sum M t_s}, \quad (6.22)$$

Значение валовой производительности может быть получено также по формулам, выражающим мультипликативную связь трех эксплуатационных показателей: нагрузки по пробегу, коэффициента использования времени на ход с грузом и технической скорости:

$$p'_B = p' \tau'_{\text{х.г}} u', \quad (6.23)$$

$$p_B = p \tau_{\text{х.г}} u, \quad (6.24)$$

$$p_B^{\text{пас}} = p^{\text{пас}} \tau_{\text{х.пас}} u^{\text{пас}}. \quad (6.25)$$

Если в формулах (6.23)–(6.25) значения технической скорости представить как отношение среднего пробега судов с грузом за оборот ко времени хода с грузом за оборот, а коэффициент использования времени на ход с грузом как отношение продолжительности хода с грузом за оборот к средней продолжительности оборота, то можно получить следующую формулу определения валовой производительности:

$$p_B = p \frac{\overline{l_{\text{г.об}}}}{t_{\text{об}}}. \quad (6.26)$$

При проведении эксплуатационных расчетов, в зависимости от имеющихся исходных данных или цели их проведения, можно пользоваться любой формулой из трех представленных групп. При расчете валовой производительности для одинаковых исходных данных по формулам (6.20)–(6.25), расхождение в результатах расчетов не должно превышать точности вычислений.

Пример. Рассчитать валовую производительность работы флота на основании данных, приведенных в таблицах 6.4, 6.5.

Таблица 6.4 – Исходные данные для примера

Проект	Эксплуатационная грузоподъемность судна, т	Продолжительность оборота, сут	Расстояние перевозки, км	Время хода судна с грузом в обороте, сут
--------	--	--------------------------------	--------------------------	--

1565	4300	6,7	1723	4,2
791	2500	8,1	1539	5,6
576	2000	3,4	971	2,8

Решение

По формуле (6.20) рассчитывается валовая производительность работы группы судов:

$$p'_в = \frac{4300 \cdot 1723 \cdot 30 + 2500 \cdot 1539 \cdot 22 + 2000 \cdot 971 \cdot 52}{2,022 \cdot 10^6} =$$
$$= \frac{407,896 \cdot 10^6}{2,022 \cdot 10^6} = 210,7 \text{ т} \cdot \text{км/тоннаже} \cdot \text{сут.}$$

Для применения формулы (6.23) рассчитывается нагрузка по пробегу

$$p' = \frac{407,896 \cdot 10^6}{5000 \cdot 1723 \cdot 30 + 2700 \cdot 1539 \cdot 22 + 2000 \cdot 971 \cdot 52} = \frac{407,896 \cdot 10^6}{450,851 \cdot 10^6} = 0,905,$$

техническая скорость

$$u' = \frac{450,851 \cdot 10^6}{5000 \cdot 4,2 \cdot 30 + 2700 \cdot 5,6 \cdot 22 + 2000 \cdot 2,8 \cdot 52} = \frac{450,851 \cdot 10^6}{1,201 \cdot 10^6} = 375,5 \text{ км/сут.}$$

Тогда, валовая производительность, рассчитываемая по формуле (6.23),

$$p'_в = 0,905 \cdot 0,62 \cdot 375,5 = 210,7 \text{ т} \cdot \text{км/тоннаже} \cdot \text{сут.}$$

6.3 Зависимость эксплуатационных показателей от условий работы флота

Состав транспортного флота, а особенно, условия его работы, исключительно разнообразны. Естественно, что это разнообразие сказывается на конечных результатах транспортной деятельности – на эксплуатационных показателях работы флота.

Для разработки эффективной системы организации перевозочного процесса на водном транспорте требуется владеть данными о влиянии условий работы флота на эксплуатационные показатели его работы. Во многих случаях зависимость показателя от условий работы флота может быть установлена из расчетной формулы, однако, часто, влияние условий работы флота на отдельные показатели носит противоречивый характер. В этом случае требуется осуществлять более глубокий анализ, выявлять закономерности и тенденции изменения показателей в различных условиях. Особенно это актуально для комплексного показателя – валовой производительности.

Так, например, строительство на естественном участке реки системы шлюзов позволяет повысить глубину на участке водного пути, что благоприятно скажется на показателях нагрузки по отправлению и пробегу. Однако со строительством шлюзов снизится пропускная способность водного пути, появятся простои флота, что, в свою очередь, негативно скажется на показателе «коэффициент использования времени на ход с грузом».

Эксплуатационные показатели нагрузки зависят от характеристик грузов, перевозимых по участку водного пути, глубины судового хода и от продолжительности весеннего периода навигации (рисунок 6.2).

Влияние на показатели использования флота характеристик грузопотоков менее наглядно, но не менее существенно, чем влияние путевых условий. Грузы легкие или тяжелые, совместимые или

несовместимые по физико-химическим свойствам навалочные и штучные, соотношение между объемами перевозок в прямом и обратном направлениях, совпадение или несовпадение пунктов назначения или отправления грузопотоков разного направления, период предъявления к перевозке различных грузов, дальность перевозок и другие характеристики грузопотоков определяют значение эксплуатационных показателей работы флота. Если в обороте появляются порожние пробеги, то сокращается доля ходового времени с грузом, а с ней и валовая производительность работы флота. На рисунке 6.3 показана зависимость коэффициента использования грузоподъемности от неравномерности грузов по направлениям.

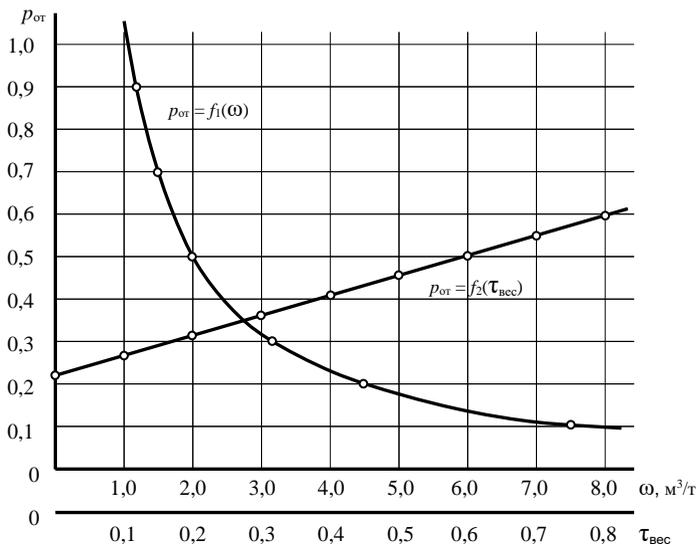


Рисунок 6.2 – Зависимость нагрузки по отправлению от удельного погрузочного объема груза (ω) и удельной продолжительности весеннего периода навигации ($\tau_{вес}$)

Для установления зависимости коэффициента использования времени на ход с грузом одиночного грузового судна от различных факторов на рисунке 6.4 представлены графики зависимости данного коэффициента при одностороннем направлении грузовых потоков.

Из рисунка 6.4 видно, что коэффициент использования времени на ход с грузом увеличивается при увеличении дальности перевозок грузов, нормы грузовой обработки и скорости движения судна в порожнем состоянии.

При исследовании зависимости эксплуатационных показателей от условий работы флота большей неоднозначностью характеризуется их влияние на валовую производительность, как на комплексный

эксплуатационный показатель. Так, согласно формулам (6.20)–(6.26), рост технической скорости должен в равной пропорции приводить к росту и валовой производительности. Однако повышение скорости движения флота, в частности скорости движения флота в груженом состоянии, приводит к снижению времени движения флота с грузом, тем самым снижая коэффициент использования времени на ход с грузом, что в свою очередь должно повлиять на снижение валовой производительности.

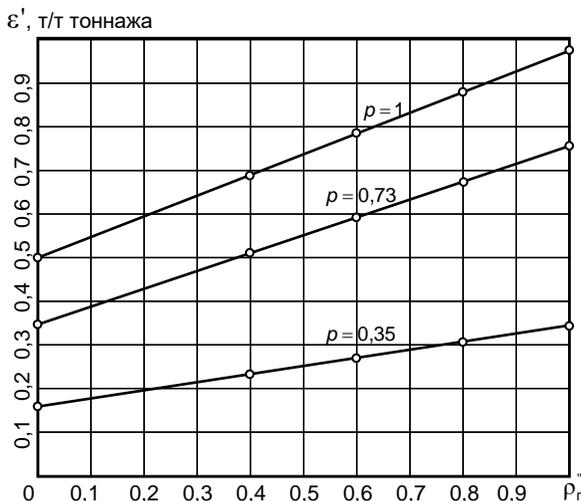
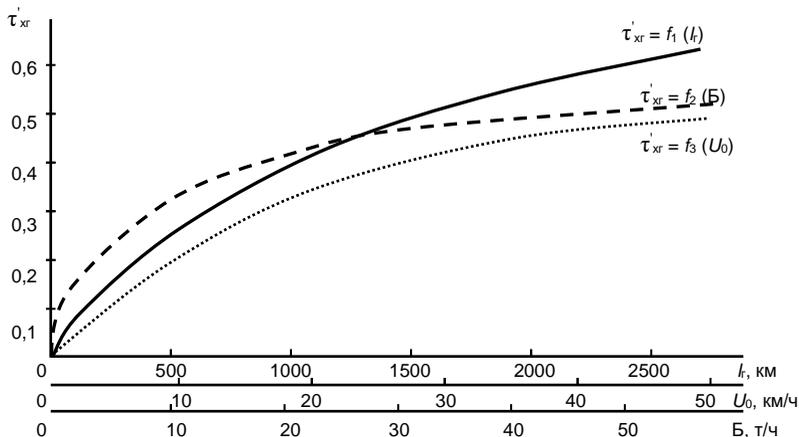


Рисунок 6.3 – Зависимость коэффициента использования грузоподъемности от неравномерности перевозок грузов по направлениям для различных значений показателя нагрузки по пробегу



6.4 Экономические показатели работы транспортного флота от различных факторов

Если формулу (6.26) детализировать, то можно выделить следующие тенденции влияния условий работы флота на валовую производительность: производительность растет с ростом нагрузки, среднего пробега с грузом, технической скорости, норм времени перегрузочных работ и со снижением протяженности порожних пробегов, продолжительности технических и технологических операций.

В случае же необходимости оценки влияния противоречивых факторов на валовую производительность требуется осуществлять более глубокий анализ. Высокой эффективностью оценки влияния различных условий работы флота на производительность характеризуются методы факторного анализа.

При этом следует отметить, что при организации работы флота учитывать зависимости только эксплуатационных показателей от условий работы флота (без учета экономических показателей) было бы не корректно. Так, например, наличие в корреспонденции грузопотоков тарно-штучных грузов, как правило, не способствует повышению валовой производительности, так как нормы перегрузки тарно-штучных грузов небольшие, и суда простаивают под грузовой обработкой больше времени, чем суда с навалочными грузами. Но, с другой стороны, тарно-штучные грузы являются более тарифицируемыми, перевозка которых обеспечивает рост экономических показателей работы флота.

6.4 Экономические показатели работы транспортного флота

6.4.1 Эксплуатационные расходы и себестоимость перевозок

Себестоимость продукции представляет собой денежное выражение затрат предприятия на производство и реализацию единицы продукции. Так как продукцией транспорта является перевозка грузов и пассажиров, физической мерой транспортной продукции принято считать грузооборот и пассажирооборот, либо размер перевозок грузов и пассажиров, то *себестоимость перевозок* может быть рассчитана как отношение расходов на перевозку к грузообороту (пассажирообороту) и измеряться в рублях, приходящихся на 1 т·км (пассажиро-км), либо к размеру перевозок грузов (пассажиров) – в рублях на 1 т груза (на одного пассажира):

$$s = \frac{\text{Э}}{\sum Gt}, \quad (6.27)$$

$$s = \frac{\text{Э}}{\sum G}. \quad (6.28)$$

Себестоимость перевозок является одним из важнейших экономических показателей, наиболее полно отражающим деятельность предприятия, так

как формируется по воздействию факторов, определяющих как финансовую сторону деятельности предприятия, так и производственную. Она показывает уровень технической вооруженности и производительности труда, использование основных фондов и оборотных средств, уровень управления и организации перевозочного процесса. Именно по данной причине себестоимость перевозок является основой для построения системы тарифов на транспорте.

Расходы на перевозку водным транспортом складываются из трех составных частей: на грузовую обработку флота, его эксплуатацию и обеспечение судоходства (например, расходы, связанные с паузой флота в пути следования, обеспечение радиосвязи, портовые сборы и т. д.).

Следует отметить, что для полноты оценки реальных расходов от транспортной деятельности, покрываемых за счет доходов от перевозок, в числе прочих расходов целесообразно учитывать расходы по содержанию объектов социальной сферы, выплаты по кредитам и некоторые другие.

В зависимости от способа отнесения расходов на отдельный конкретный вид продукции или выполняемой транспортной работы все расходы подразделяются на прямые и распределяемые. К *прямым* относятся расходы, которые непосредственно связаны с выполнением транспортной работы, к *распределяемым* – расходы, связанные с выполнением нескольких видов работ, например, расходы на содержание управлений судоходных компаний (пароходств), портов.

Расходы на содержание транспортного флота составляют основную долю общих расходов на перевозку – *эксплуатационных расходов*. В целом эксплуатационные расходы судна состоят из расходов на амортизацию, техническую эксплуатацию и зимний отстой, материалы и износ малоценных, быстроизнашивающихся предметов, содержание экипажа в рейсе, горюче-смазочные материалы, общие и административно-управленческие, прочие.

Расходы на амортизацию имеют весомое значение в себестоимости перевозок вследствие значительной фондоемкости водного транспорта. Современное грузовое судно представляет собой сложный инженерно-технический объект, имеющий высокую строительную стоимость, а годовой расход средств на амортизацию может быть определен, как произведение балансовой стоимости судна на норму годовых амортизационных отчислений:

$$A_M = \frac{\Phi_6 \cdot N_6}{100}, \quad (6.29)$$

где Φ_6 – балансовая стоимость судна, руб.;

N_6 – годовая норма амортизационных отчислений, процентов.

Годовая норма амортизационных отчислений устанавливается на основании исследования динамики использования флота, интенсивности его износа и периода эксплуатации судна, по истечении которого судовладелец должен владеть средствами, достаточными для приобретения или постройки нового аналогичного судна. Именно по этой причине данная норма устанавливается в процентах, обычно, с равномерным распределением их по годам периода эксплуатации судна. То есть, при норме амортизационных отчислений $N_6 \approx 5\%$ судовладелец накопит средства на постройку (приобретение) судна через 20 лет.

Естественно, что равномерное распределение средств на амортизацию является наиболее простым способом установления норм годовых амортизационных отчислений. Существуют и иные способы, базирующиеся на изменяющихся во времени нормативах, что позволяет снижать долю непроизводительных расходов в себестоимости флота в начальный период после приобретения судна. Такое мероприятие, например, позволяет повышать конкурентоспособность судовладельца в первые годы его работы.

Расходы на техническую эксплуатацию судов определяются на основании плановых мероприятий технической эксплуатации (ремонт, модернизацию, текущее обслуживание) и вероятных мероприятий (например, аварийный ремонт и послеаварийное обслуживание). В проектных расчетах себестоимости содержания флота данный вид расходов может быть определен в процентах от строительной стоимости судна, по аналогичному принципу с амортизационными отчислениями.

Расходы на материалы и износ малоценных, быстроизнашивающихся предметов могут быть определены исходя из среднегодовой нормы, устанавливаемой в процентах от первоначальной стоимости этого инвентаря. В проектных расчетах годовой расход на износ малоценных и быстроизнашивающихся предметов рекомендуется принимать в диапазоне от 0,15 до 0,20 процента от строительной стоимости судна.

Расходы на содержание экипажа в рейсе включают в себя основную, дополнительную заработную плату с отчислением на социальное страхование и расходы на рацион бесплатного питания.

По действующей на водном транспорте повременно-премиальной системе оплаты труда плавсостава, его заработная плата включает оплату по должностным окладам, надбавки и премии. Годовой фонд оплаты труда плавсостава включает сумму окладов за эксплуатационный период, за время отгулов, предоставляемых в межнавигационный период, за работу в выходные и праздничные дни и сверх установленной продолжительности рабочего дня (при восьмичасовых вахтах), за дни ввода и вывода судна из эксплуатации.

Расходы на горюче-смазочные материалы определяются произведением нормы их расхода (по данному конкретному судну при выполнении им

определенных работ) за некоторый период времени на стоимость данных материалов.

Нормативы переменных расходов топлива и смазочных материалов можно вычислить пользуясь соответствующими паспортными характеристиками флота, представленными в натуральном выражении. В этом случае ставки расходов на топливо C_T и смазочные материалы C_M могут быть установлены по формулам:

на ходу

$$C_{Tx} = g_T \Pi_T, \quad (6.30)$$

на стоянке

$$C_{Tст} = 0,05 g_T \Pi_T, \quad (6.31)$$

$$C_M = g_M \Pi_M, \quad (6.32)$$

где Π_T , Π_M – стоимость, соответственно, топлива и смазочных материалов;

g_T , g_M – норматив расхода топлива на ходу и масла за единицу времени.

При выполнении практических расчетов с некоторым приближением нормативы g_T и g_M могут быть ориентировочно приняты исходя из среднестатистического значения приведенного расхода топлива самоходного флота, приходящегося на 1 кВт мощности главного двигателя за 1 час его работы, который составляет 0,27 кг/кВт·ч.

Общие и административно-управленческие расходы, распределяемые между судами, составляют расходы на содержание административно-управленческого аппарата, расходы на содержание зданий, на приобретение различного инвентаря и прочие. Данный вид расходов может быть исчислен в сметах по судоходной компании в целом с последующим распределением между судами.

6.4.2 Доходы, прибыль и рентабельность перевозок. Производительность труда

Доходы от перевозок являются основным источником финансовых ресурсов судоходных компаний (пароходств), из которых и возмещаются затраты на заработную плату, топливо и материалы, на ремонт флота и прочие расходы.

Доходы транспортного предприятия, как и других предприятий материальных отраслей производства, составляет плата за реализованную продукцию, то есть за перевозки грузов, выраженная в тарифах.

Тарифы речного транспорта представляют собой провозную плату за перевозку грузов и пассажиров, которая должна возмещать предприятию все издержки по перевозкам и обеспечивать необходимые накопления в размере определенного процента.

Плановые доходы пароходства могут быть установлены на основании средней доходной ставки, которую можно установить в целом по

судоходной компании или по отдельным родам груза путем деления фактических доходов от перевозок на фактически выполненный грузооборот:

$$\bar{d} = \frac{\sum D}{\sum Gl}. \quad (6.33)$$

Таким образом, *доходная ставка* представляет собой средневзвешенное значение провозной платы и прочих сборов на перемещение одной тонны груза на один километр пути. Если в плановом году структура грузооборота и специфика договорных взаимоотношений между судовладельцем и грузовладельцами не изменились, то доходы от перевозок могут быть с достаточной вероятностью определены произведением планируемого грузооборота и средней доходной ставки.

В общем виде прибыль от перевозок рассчитывается как разница между валовыми доходами и расходами:

$$\Pi = \sum D - \sum \Xi. \quad (6.34)$$

Экономический показатель работы флота – *рентабельность*

$$\rho = \frac{\sum D - \sum \Xi}{\sum \Xi} = \frac{\Pi}{\sum \Xi}. \quad (6.35)$$

В настоящее время, когда перевозки осуществляются по гибкой системе тарификации, процесс формирования тарифа включает в себя обоснование планируемого значения показателя рентабельности. В этом случае, руководствуясь значением себестоимости перевозок, методика расчета которой рассмотрена в п. 6.4.1, на основании планируемого значения рентабельности можно планировать доходы от перевозок:

$$D = (1 + \rho)\Xi = s(1 + \rho)\sum Gl. \quad (6.36)$$

В условиях конкуренции, обоснование объективного значения показателя рентабельности является сложной оптимизационной задачей. С одной стороны – максимизация рентабельности благоприятно сказывается на деятельности судоходной компании, что выражается, при постоянных расходах, в росте прибыли (формула (6.36)). Но с другой стороны – максимизация рентабельности ведет к увеличению тарифных ставок, что в условиях конкурентоспособности может привести к тому, что грузовладелец откажется от услуг данного перевозчика.

На сегодняшний день, в силу специфики экономической ситуации, задача обоснования величины тарифной ставки на перевозку груза в условиях конкурентного окружения очень актуальна. Методики обоснования величины тарифной ставки в своих трудах предлагаются различными авторами. Однако несмотря на различия обусловленные спецификой решаемой задачи, методы ее решения идентичны. При этом,

авторами анализируемых методик, как правило, даются рекомендации по определению не конкретного значения тарифной ставки, удовлетворяющей всех участников процесса товародвижения, а диапазона, характеризующегося верхней и нижней границами тарифной ставки.

Например, можно выделить диапазон значений тарифной ставки T_c , в котором может быть достигнут экономически приемлемый компромисс, определяемый неравенством

$$\frac{\Pi_2 - \Xi_y - (\Pi_1 + \Xi_0 - s)(1 + t\beta)}{2 + (1 + t\beta)} \geq T_c \geq \frac{\Pi_2 - \Xi_y - (\Pi_1 + \Xi_0) \left(1 + \frac{t\rho_{гр}}{360} \right) + s\rho_{гр} \left(\frac{1}{\rho_{пер}} + \frac{t}{360} \right)}{1 + \rho_{гр} \left(\frac{1}{\rho_{пер}} + \frac{t}{360} \right)}, \quad (6.37)$$

где Π_2 , Π_1 – рыночная цена перевозимого товара в пункте назначения и потребления, руб./т;

Ξ_y , Ξ_0 – потери грузовладельца вследствие естественной физической убыли груза и потери вызванные прочими издержками при заключении коммерческой сделки, руб./т;

s – себестоимость перевозки с учетом погрузки, выгрузки и вспомогательных операций, руб./т;

t – период перевозки, сут;

β – суточная ставка банковского депозита, процентов;

$\rho_{пер}$, $\rho_{гр}$ – средняя рентабельность деятельности перевозчика и грузовладельца, процентов.

Естественно, что в конкурентных условиях функционирования рынка часть составляющих вышеприведенной формулы является элементом «коммерческой тайны» перевозчика или грузовладельца, а следовательно, может быть недоступна для исследователя. Поэтому для определения в условиях конкуренции планируемого уровня рентабельности перевозки, а впоследствии и тарифной ставки, удовлетворяющей как судоходную компанию, так и грузовладельца, рекомендуется использовать следующую методику.

В качестве исходных данных выступают: себестоимость доставки груза водным транспортом и размеры тарифных ставок конкурентов.

В соответствии с формулой (6.36) при нулевой рентабельности перевозки водным транспортом, тарифная ставка будет равняться себестоимости s (рисунок 6.5). При исключении прочих факторов, влияющих на выбор грузовладельца (например, таких как эластичность спроса, величина издержек грузовладельца, связанных с иммобилизацией оборотных средств в грузах, издержек, связанных с потерей потребительской стоимости груза в процессе его доставки), с увеличением рентабельности тарифная ставка ($T_{с\text{ вт}} = f(\rho)$) возрастает, как показано на рисунке 6.5.

Тарифные ставки конкурентов, в данном случае, выступают как постоянные величины $T_{c\text{ к}1}$, $T_{c\text{ к}2}$, причем наибольшей конкурентоспособностью обладает перевозчик, предлагающий минимальную тарифную ставку.

Тогда, задав значение разницы в тарифных ставках ΔT_c (судоходной компании и наиболее конкурентоспособного перевозчика), выступающей в качестве экономического стимула, определяется «зона предпочтения» грузовладельцем перевозки с использованием услуг судоходной компании (см. рисунок 6.5). Абсцисса точки пересечения графика функции $T_{c\text{ ВТ}} = f(\rho)$ и прямой $T_c = T_{c\text{ к}2} - \Delta T_c$ характеризует оптимальный процент рентабельности, при котором максимизируется прибыль судоходной компании, а тарифная ставка при этом оказывается ниже тарифной ставки конкурентов, то есть имеет место экономически приемлемый сторонами компромисс. Ордината этой точки – тарифная ставка, соответствующая данной рентабельности.

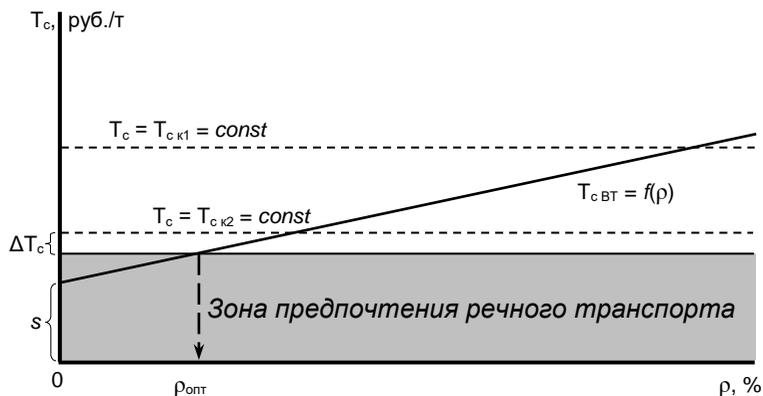


Рисунок 6.5 – Определение оптимального уровня планируемой рентабельности перевозок водным транспортом в условиях конкуренции

Еще одним важным экономическим показателем работы флота является показатель, характеризующий эффективность труда плавсостава и береговых работников – производительность труда. *Производительность труда* выражается в денежном, либо в натуральном выражении:

$$\Pi_{\text{тр}} = \frac{\sum GI}{(n_{\text{эк}} \Phi + n_{\text{бер}}) t_s}, \quad (6.38)$$

$$\Pi_{\text{пр}} = \frac{\bar{d} \sum Gl}{(n_{\text{эк}} \Phi + n_{\text{бер}}) t_{\text{э}}}. \quad (6.39)$$

где $n_{\text{эк}}$, $n_{\text{бер}}$ – численность плавсостава и береговых работников, человек;
 Φ – потребность во флоте, судов.

Как видно из зависимостей (6.38) и (6.39), под производительностью труда понимается количество транспортной работы (доходов), приходящейся на одного работника отрасли в одни сутки эксплуатационного периода (валовые сутки).

6.5 Взаимосвязь эксплуатационных и экономических показателей работы флота

Как было показано в предыдущих разделах, эксплуатационные и экономические показатели работы транспортного флота взаимосвязаны, что позволяет объединять их в одну систему – систему эксплуатационно-экономических показателей.

Из материалов подразд. 6.3 видно, что рост валовой производительности, а следовательно и нагрузки, коэффициента использования времени на ход с грузом, технической скорости вызывается ростом количества транспортной работы, совершенной флотом. Следовательно, между эксплуатационными и экономическими показателями, в расчетной формуле которых присутствует грузооборот, имеется взаимосвязь. Если же учесть, что многие экономические показатели являются составной частью или фактором, оказывающим непосредственное влияние на другой экономический показатель, то раскрывается общая тенденция строгой взаимосвязи эксплуатационных и экономических показателей работы флота.

Данный факт – не случайное совпадение, а проявление единства между производственными условиями и экономическими характеристиками процессов. Повышение экономичности перевозок может быть достигнуто за счет повышения производительности и соответственно сокращения затрат флота по транспортным операциям. Сокращение затрат флота приводит к сокращению эксплуатационных расходов, трудовых затрат, стоимости основных фондов, а это, в свою очередь, снижает себестоимость перевозок, повышает производительность труда работников, рентабельность перевозки и фондотдачу.

Отражением единства эксплуатационных и экономических показателей является система планирования экономических показателей, значения которых планируются исходя из планируемых значений грузооборота и валовой производительности. Такая система планирования экономических показателей была широко распространена в пароходствах Советского Союза, но вследствие изменений, связанных с реорганизацией системы управления транспортом на постсоветском пространстве, утратила свою значимость. Некоторое время в стратегии управления судоходными компаниями системе эксплуатационных показателей уделялось недостаточное внимание, а в качестве критериев эффективности выступали только экономические показатели.

Сегодня большинство руководителей судоходных компаний понимают взаимосвязь экономических и эксплуатационных показателей и вышеописанная тенденция не наблюдается. В качестве комментария и вывода к данному разделу следует добавить, что экономическое состояние судоходной компании, размеры фондов, расходуемых на оплату труда и

развитие социальной сферы, всецело зависят от выполнения производственных показателей и эффективного использования флота.

7 **ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ** **ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ФЛОТА**

7.1 Сущность и назначение анализа показателей работы флота

Анализ статистической информации представляет собой социально-экономическое исследование. Это обусловлено тем, что в данных статистики отображаются характерные свойства многообразных явлений общественной жизни. Анализ процессов, происходящих в обществе, основанный на использовании научно обоснованных теоретических положений, позволяет установить закономерности их развития в конкретных условиях места и времени.

Основной задачей анализа данных о системе организации работы флота является установление закономерностей функционирования данной системы и поведения ее подсистем.

В процессе такого анализа большое значение имеет оценка влияния условий и качества работы отдельных звеньев исследуемой системы на динамику показателей ее эффективности и выявление резервов ее повышения. Оценка текущих резервов является важнейшей задачей, решение которой позволяет обеспечить повышение эффективности использования основных средств, рабочей силы и производственных запасов.

7.2 Исходные принципы и методы статистического анализа

Из характера статистики как науки, изучающей количественную сторону явлений общественной жизни в единстве с их качественной стороной, вытекает вывод о том, что анализ статистической информации должен базироваться на теоретических положениях общественных наук, отображающих их сущность.

Исходным принципом статистического анализа является требование производить его на основе всей совокупности фактов, относящихся к рассматриваемому явлению. При создании прочного фундамента статистических фактов для анализа необходимо убедиться в достоверности данных тех источников, которые привлекаются для решения заранее

сформулированных задач анализа. Для этого необходимо критически оценить способы получения первичной информации и ее обобщения.

Исходной базой установления многих фактов служат данные, полученные в результате сводки первичной статистической информации в виде абсолютных суммарных величин. Эти данные позволяют охарактеризовать уровень анализируемого явления. Следует, однако, учитывать, что данные, полученные в результате статистической сводки, не всегда характеризуют размеры изучаемых явлений непосредственно.

Использование относительных и средних величин в анализе позволяет во многих случаях выявить и количественно охарактеризовать уровни тех сторон изучаемых явлений, которые не могут быть выражены при помощи абсолютных величин, например экономический уровень развития отрасли, уровень производительности труда, уровень морального старения объектов материально-технической базы и т.п.

При использовании относительных величин для установления статистических фактов следует, однако, учитывать, что вследствие абстрактного характера они в ряде случаев сами по себе, т.е. в отрыве от абсолютных суммарных или средних величин, не могут дать достаточно полной характеристики некоторых существенных свойств анализируемых явлений. Это обусловлено тем, что некоторые виды относительных величин, в частности динамики, по-разному выражают изменения общественных явлений в зависимости от их абсолютных размеров. В процентном отношении малые по размеру явления изменяются значительно быстрее, чем аналогичные им явления, обладающие значительными размерами. При одном и том же увеличении уровня показателя в абсолютном выражении проценты роста будут всегда тем больше, чем меньше начальный уровень.

При анализе экономических и социальных явлений на базе данных статистики используются, чаще всего, традиционные статистические методы: группировка, сравнение, приведение параллельных рядов и др. Частота использования перечисленных методов определяется относительной простотой и минимальными требованиями к наличию исходных данных (статистической выборки).

Для получения же более детального анализа, применяются математические методы, в частности регрессионно-корреляционный, факторный анализ и другие. Математические методы более требовательны к исходным данным и являются более трудоемкими.

Одним из наиболее простых и действенных методов анализа являются группировки, при помощи которых изучаемое явление делится на части, характеризующиеся рядом показателей. Это позволяет выявить структуру изучаемого явления и взаимодействия между его частями.

Действенным методом статистического анализа являются сравнения, позволяющие оценивать ход выполнения плановых заданий и соблюдение установленных нормативов, вскрыть резервы, установить сходство и различие изучаемых явлений, охарактеризовать их специфические особенности.

Одним из распространенных способов сравнений является приведение параллельных данных, например, сопоставление результатов деятельности двух судоходных компаний, находящихся в примерно одинаковых условиях хозяйствования.

При проведении сопоставлений статистических данных необходимо строго соблюдать правило: сравниваемые данные должны быть сопоставимы. Несоблюдение этого правила приводит к ложным выводам и заключениям.

Несопоставимость сравниваемых данных может быть обусловлена рядом причин, например тем, что при определении объема совокупности используются различные единицы счета (для перевозок пассажирским флотом – пассажиры, а грузовым – тонны груза), или исследуемые явления различаются по периодам (данные за месяц начала или окончания навигации нельзя сопоставлять с данными за месяц ее середины, так как речной транспорт в месяцы открытия и закрытия навигации работает, как правило, не во всей продолжительности календарного месяца).

Неоднородные данные во многих случаях могут быть приведены к сопоставимому виду путем их пересчета. Неоднородность данных вследствие различия единиц учета может быть устранена пересчетом данных в одних и тех же единицах с помощью коэффициентов, например, принимается, что перевозка одного пассажира соизмерима с перевозкой 10 тонн груза.

Сопоставимость в ряде случаев может быть достигнута, если вместо суммарных абсолютных данных за определенный период воспользоваться средними или относительными величинами. Так, данные о среднесуточной транспортной работе в любой месяц навигации будут сопоставимы, независимо от календарной продолжительности месяца.

Традиционные статистические методы получили широкое распространение вследствие их простоты и доступности. Фактически, получив информацию о каком-либо явлении, лицо принимающее решение, осуществляет управляющее воздействие на основании анализа, выполняемого одним из таких методов.

Применение математических методов анализа позволяет выявить тенденции гораздо более детального уровня, однако для этого требуется и гораздо более детальная информация. В современных условиях транспортный комплекс работает в условиях насыщенного информационного обмена, то есть в избытке таких данных. Поэтому, с

применением современных средств информационных технологий для реализации математических методов анализа, последние получают широчайшее распространение в составе систем поддержки принятия управленческих решений и прочих информационных систем управления.

Одним из наиболее часто применяемых математических методов анализа является факторный анализ функциональных зависимостей.

7.3 Назначение факторного анализа

Факторный анализ – это способ выявления воздействия различных факторов и их комбинаций на величину резульгативного показателя. Данный вид анализа широко используется при анализе работы предприятий транспорта и их подразделений.

С математической точки зрения задачами факторного анализа являются задачи исследования функции нескольких переменных.

Обязательным предварительным условием правильности факторного анализа является определение формы и существа связи между сложным результирующим показателем и влияющими факторами. Наилучшей формой выражения связи результирующего показателя и факторов в большинстве случаев является запись в аналитическом виде – в виде формул.

Так, если задана некоторая функция $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, то можно говорить, что y – это результирующий показатель, зависящий от n факторов x . Поэтому, при изменении значений факторов результирующий показатель также изменится на некоторую величину Δy . Однако влияние факторов на результирующий показатель может быть различным. Назначение факторного анализа заключается в выявлении этого влияния и ответа на вопрос: на сколько изменится значение результирующего показателя при заданном изменении конкретного фактора?

То есть, если значение фактора x_i изменится на некоторую величину Δx_i , называемую приращением i -го фактора, то значение результирующего показателя изменится на величину $\Delta y(\Delta x_i)$, нахождение которой является целью факторного анализа. При этом

$$\Delta y = \sum_{i=1}^n \Delta y(\Delta x_i). \quad (7.1)$$

Зависимости между результирующим показателем и факторами чаще всего выражаются в виде аддитивных и мультипликативных моделей. Аддитивная модель связи выражает такую зависимость, при которой все факторы представлены суммой, и выполнение факторного анализа при такой связи не вызывает затруднений, так как фактическое отклонение значений результирующего показателя Δy от базисного его значения y (на основании которого производится сравнение) будет равно алгебраической сумме отклонений факторных показателей. Так, если $y = x + z$, то $\Delta y = \Delta x + \Delta z$. Это становится очевидным, если из выражения $(y + \Delta y)$ и $(x + \Delta x + z + \Delta z)$ соответственно вычесть y и $(x + z)$.

Мультипликативная модель выражает зависимость в виде произведения факторов, и факторный анализ в данном случае значительно усложняется,

7.4 Методы факторного анализа функциональных зависимостей

ля от

базисного не равно произведению факторных показателей.

Если, например, $y = vi$, то в этом случае

$$\Delta y = v\Delta i + i\Delta v + \Delta v\Delta i, \quad (7.2)$$

Это видно из следующего:

$$\begin{aligned} \Delta y = y + \Delta y - y &= (v + \Delta v)(i + \Delta i) - vi = vi + v\Delta i + i\Delta v + \Delta v\Delta i - vi = \\ &= v\Delta i + i\Delta v + \Delta v\Delta i. \end{aligned}$$

В формуле (7.2) произведение $\Delta v\Delta i$ представляет собой результат одновременного совместного изменения обоих факторов, как это схематически показано на рисунке 7.1, а поэтому его величина не может быть распределена на строго обоснованных началах на такие части, которые с полным основанием можно было отнести к абсолютным приростам, обусловленным изменениями каждого из факторов v и i в отдельности.

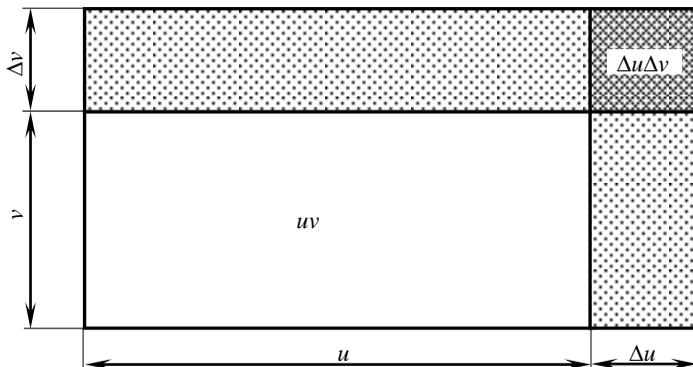


Рисунок 7.1 – Схема абсолютного прироста результирующего показателя под влиянием факторов

Сказанное, однако, не означает, что задача разложения абсолютного прироста в рассматриваемом случае не может получить определенного решения. Наоборот, при выполнении факторного анализа функциональных зависимостей мультипликативного вида применяется множество методов, преимущества и недостатки основных из которых рассмотрены ниже.

7.4 Методы факторного анализа функциональных зависимостей

В настоящее время существует множество методов факторного анализа, и предпочтение одному из них, как показал опыт, отдается с учетом формы представления исходной и результирующей информации, вида зависимости сложного показателя от влияющих на него факторов, соотношения

приращения базисных и фактических их значений, а также требуемой точности расчетов.

Рассмотрим сущность, особенности, основные преимущества и недостатки тех методов факторного анализа, которые наиболее часто применяются на практике.

7.4.1 Метод цепных подстановок

Данный метод факторного анализа может применяться как при прямой, так и при обратной функциональной связи между факторами. В качестве исходных данных к факторному анализу, как и к любому другому виду анализа, выступают, базовые (на основании которых производится анализ) и фактические значения показателей и влияющих на них факторов. В практике эксплуатационных расчетов в качестве базовых значений показателей могут выступать плановые их значения – при анализе выполнения планов перевозок или планов работы предприятий водного транспорта, или значения показателей за некоторый базовый (сравниваемый) период, например, за аналогичный период прошлой навигации.

Основной принцип метода: для определения доли влияния факторов на результирующий показатель необходимо провести две подстановки и найти разность между ними. В первой подстановке принимается фактическая величина анализируемого фактора, во второй – базовая, тогда значения остальных факторов принимаются таковыми: фактические значения для факторов, анализ которых уже выполнен, а для оставшихся – базовые значения.

Для наглядности, данный метод, как и последующие, рассмотрим на примере. В качестве примера использования метода цепных подстановок рассмотрим факторный анализ мультипликативной модели зависимости валовой производительности грузового судна от трех факторов:

$$P_v = p \tau_{x.l} u, \quad (7.3)$$

где p – показатель нагрузки по пробегу;

$\tau_{x.l}$ – коэффициент использования времени на ход с грузом;

u – скорость движения судна, км/сут.

Исходные данные для факторного анализа удобно представлять в виде таблиц. В нашем примере данные приведены в таблице 7.1.

До расчета приращений выполняется предварительный анализ факторов и их *ранжировка* – выявление последовательности факторов по приоритету влияния их на результирующий показатель. В рассматриваемом примере все факторы равнозначны. К тому же, для раскрытия сути рассматриваемых методов факторного анализа данная ранжировка не столь важна, поэтому, в данном примере, расчеты будут выполняться для той последовательности

факторов, которая представлена в формуле (7.3), то есть: сперва – p , затем $\tau_{x,\Gamma}$, затем u .

Таблица 7.1 – Исходные данные для факторного анализа валовой производительности грузового судна

Фактор (показатель), единица измерения	Значение		Приращение величины показателя	Распределение приращения результатирующего показателя между факторами, т·км/т·сут
	базовое	фактическое		
$p_{в}$, т·км/т·сут	201,48	170,75	–30,73	–30,73
p	1,00	0,85	–0,15	–30,22
$\tau_{x,\Gamma}$	0,73	0,81	+0,08	+18,77
u , км/сут	276,00	248,00	–28,00	–19,28

При определении влияния нагрузки по пробегу на показатель валовой производительности в первой подстановке принимаются фактические значения фактора, влияние которого анализируется, то есть p и базовые значения остальных двух факторов, а во второй подстановке – базовые значения для всех трех факторов. То есть,

$$\Delta p_{в}(p) = p^{\phi} \tau_{x,\Gamma}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,\Gamma}^{\phi} u^{\phi} = 0,85 \cdot 0,73 \cdot 276 - 1 \cdot 0,73 \cdot 276 = -30,22.$$

При определении влияния на валовую производительность показателя $\tau_{x,\Gamma}$ принимаются: в обеих подстановках – фактические значения показателя нагрузки по пробегу (так как анализ влияния данного фактора уже выполнен), а в первой подстановке – фактическое значение анализируемого показателя ($\tau_{x,\Gamma}$):

$$\Delta p_{в}(\tau_{x,\Gamma}) = p^{\phi} \tau_{x,\Gamma}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,\Gamma}^{\phi} u^{\phi} = 0,85 \cdot 0,81 \cdot 276 - 0,85 \cdot 0,73 \cdot 276 = +18,77.$$

При определении влияния скорости движения судна – в первой подстановке принимаются фактические значения всех факторов (показателя скорости – так как он анализируется, остальных показателей – так как они уже анализированы), а во второй подстановке – всех факторов, кроме анализируемого:

$$\Delta p_{в}(u) = p^{\phi} \tau_{x,\Gamma}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,\Gamma}^{\phi} u^{\phi} = 0,85 \cdot 0,81 \cdot 248 - 0,85 \cdot 0,81 \cdot 276 = -19,28.$$

Таким образом, факторный анализ, проведенный методом цепных подстановок, показывает, что снижение показателя валовой производительности работы флота произошел, прежде всего, из-за снижения показателя нагрузки по пробегу (величина снижения валовой производительности вследствие снижения показателя p составила 30,22 т·км/т·сут), а рост производительности, возникающий за счет роста показателя $\tau_{x,\Gamma}$ был «погашен» снижением показателя скорости (величина

приращения валовой производительности вследствие изменения данных показателей составила, соответственно +18,77 т·км/т·сут и -19,28 т·км/т·сут).

Однако представленный метод имеет недостаток, заключающийся в наличие некоторой условности при ранжировке факторов. То есть, если последовательность анализа изменить, то и результаты его незначительно изменятся, вследствие перераспределения приращения результирующего показателя между факторами.

Причины подобного перераспределения объясняются тем, что при факторном анализе методом цепных подстановок нераспределенный остаток приращения величины результирующего показателя почти полностью прибавляется к последнему анализируемому фактору.

7.4.2 Метод разниц

Данный метод незначительно отличается от метода цепных подстановок, но его применение несколько упрощает расчеты, что особенно актуально при исследовании сложных аддитивных зависимостей.

Для применения метода разниц потребуются те же исходные данные, что и в предыдущем примере: базовые и фактические значения показателей, а также рассчитанные по ним приращения.

Основной принцип метода: при определении доли общего приращения результирующего показателя, вызванного изменением одного из факторов, его приращение умножается на фактические значения факторов, уже рассмотренных ранее, и на базовые значения факторов, которые будут анализироваться после данного фактора.

Для наглядного представления данного метода факторного анализа рассмотрим пример по данным таблицы 7.1.

При анализе влияния на показатель валовой производительности показателя нагрузки, его приращение умножается на базовые значения остальных двух факторов. Когда рассматривается фактор $\tau_{x,r}$, то для последующего фактора u также принимается базовое значение, а для показателя p , соответственно, фактическое значение, и эти две величины умножаются на приращение $\Delta\tau_{x,r}$. При рассмотрении же последнего фактора u его приращение умножается на фактические значения двух уже рассмотренных факторов:

$$\Delta p_{\text{в}}(p) = \Delta p \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} = -0,15 \cdot 0,73 \cdot 276 = -30,22;$$

$$\Delta p_{\text{в}}(\tau_{x,r}) = \Delta \tau_{x,r} p^{\phi} u^{\phi} = 0,08 \cdot 0,85 \cdot 276 = +18,77;$$

$$\Delta p_{\text{в}}(u) = \Delta u \tau_{x,r}^{\phi} p^{\phi} = -28,00 \cdot 0,81 \cdot 0,85 = -19,28.$$

Как видно из расчетов, полученные результаты полностью совпадают с результатами расчетов методом цепных подстановок, что характерно, к

сожалению, и для недостатков данного метода: большая часть нераспределенного остатка прибавляется к последнему фактору и, следовательно, результат анализа напрямую зависит от правильного выбора последовательности рассмотрения факторов (ранжирования).

7.4.3 Кольцевой метод

Использование данного метода факторного анализа позволяет устранить недостатки метода разниц и цепных подстановок, так как он основывается на принципе равнозначности всех факторов.

Чтобы создать равнозначные условия для каждого фактора, достаточно, чтобы каждый из них побывал на разных местах в очередности рассмотрения, поэтому рассмотрение вариантов организовано по кольцу. После расчета первого варианта и определения значения приращения результирующего показателя производится сдвигка факторов и, как только первый фактор станет в очереди последним, расчеты прекращаются, а для сглаживания неровности ранжирования определяются средние значения приращения результирующего фактора.

Рассмотрим кольцевой метод факторного анализа на том же примере мультипликативной зависимости валовой производительности грузового судна (формула (7.3)), на основании исходных данных из таблицы 7.1.

На первой итерации влияющие факторы рассмотрим в той же последовательности, что и в примере метода цепных подстановок:

$$\Delta p_{вI}(p) = p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} = 0,85 \cdot 0,73 \cdot 276 - 1 \cdot 0,73 \cdot 276 = -30,22;$$

$$\Delta p_{вI}(\tau_{x,r}) = p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} = 0,85 \cdot 0,81 \cdot 276 - 0,85 \cdot 0,73 \cdot 276 = +18,77;$$

$$\Delta p_{вI}(u) = p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} = 0,85 \cdot 0,81 \cdot 248 - 0,85 \cdot 0,81 \cdot 276 = -19,28.$$

На второй и третьей итерациях произведем сдвигку факторов:

$$\Delta p_{вII}(\tau_{x,r}) = p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} = 1 \cdot 0,81 \cdot 276 - 1 \cdot 0,73 \cdot 276 = +22,08;$$

$$\Delta p_{вII}(u) = p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} = 1 \cdot 0,81 \cdot 248 - 1 \cdot 0,81 \cdot 276 = -22,68;$$

$$\Delta p_{вII}(p) = p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} = 0,85 \cdot 0,81 \cdot 248 - 1 \cdot 0,81 \cdot 248 = -30,13.$$

Тогда на третьей итерации имеем:

$$\Delta p_{вIII}(u) = p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} = 1 \cdot 0,73 \cdot 248 - 1 \cdot 0,73 \cdot 276 = -20,44;$$

$$\Delta p_{вIII}(p) = p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} = 0,85 \cdot 0,73 \cdot 248 - 1 \cdot 0,73 \cdot 248 = -27,15;$$

$$\Delta p_{вIII}(\tau_{x,r}) = p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} - p^{\phi} \tau_{x,r}^{\phi} u^{\phi} = 0,85 \cdot 0,81 \cdot 248 - 0,85 \cdot 0,73 \cdot 248 = +16,86.$$

По окончании расчетов, когда каждый из факторов побывал на всех местах по очередности рассмотрения их влияния на результирующий показатель, для сглаживания неровности находятся средние значения приращения валовой производительности для всех трех итераций:

$$\Delta p_v(u) = \frac{\Delta p_{vI}(u) + \Delta p_{vII}(u) + \Delta p_{vIII}(u)}{3} = \frac{-19,28 - 22,68 - 20,44}{3} = -20,80;$$

$$\Delta p_v(p) = \frac{\Delta p_{vI}(p) + \Delta p_{vII}(p) + \Delta p_{vIII}(p)}{3} = \frac{-30,22 - 30,13 - 27,15}{3} = -29,17;$$

$$\Delta p_v(\tau_{хг}) = \frac{\Delta p_{vI}(\tau_{хг}) + \Delta p_{vII}(\tau_{хг}) + \Delta p_{vIII}(\tau_{хг})}{3} = \frac{18,77 + 22,08 + 16,86}{3} = 19,24.$$

Данный метод, являясь более трудоемким, дает более равномерное распределение приращения результирующего показателя под воздействием на него факторов, что повышает точность и достоверность анализа.

7.4.4 Метод выявления влияния структурных изменений

Данный метод рекомендуется применять в тех случаях, когда результирующий показатель можно представить как сумму произведений структурных коэффициентов на качественные или количественные факторы.

Например, среднее время шлюзования группы судов можно определить по формуле

$$\overline{t_{шл.гр}} = \varphi_{одн} t_{шл.гр.одн} + \varphi_{дв} t_{шл.гр.дв}, \quad (7.4)$$

где $\varphi_{одн}$ – доля односторонних шлюзований;

$\varphi_{дв}$ – доля двусторонних шлюзований;

$t_{шл.гр.одн}$, $t_{шл.гр.дв}$ – время группового шлюзования при одностороннем и, соответственно, двустороннем пропуске, мин.

Основной принцип метода: для определения влияния представленных факторов на результирующий показатель выполняется расчетная подстановка, в которой значения структурных коэффициентов принимаются фактические, а значения качественных или количественных факторов – базовые.

Рассмотрим последовательность изучаемого метода факторного анализа на примере, исходные данные к которому приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Исходные данные для факторного анализа средней продолжительности шлюзования группы судов

Фактор	Значение фактора		Приращение
	базовое	фактическое	
$\overline{t_{шл.гр}}$, мин	40,5	40,8	+ 0,3

$\Phi_{\text{одн}}$	0,5	0,6	+ 0,1
$t_{\text{шл.гр.одн}}^{\text{МИН}}$	44,0	42,0	- 2,0
$\Phi_{\text{дв}}$	0,5	0,4	- 0,1
$t_{\text{шл.гр.дв}}^{\text{МИН}}$	37,0	39,0	+ 2,0

По данным таблицы 7.2 можно установить, что за исследуемый период доля односторонних шлюзований увеличилась, а двусторонних – уменьшилась на 10 %. Продолжительность группового одностороннего шлюзования уменьшилась, а двустороннего – увеличилась на 2 минуты. Чтобы установить, как эти изменения повлияли на результирующий фактор (среднее время шлюзования группы судов), необходимо, отдельно рассчитать приращение данного показателя, возникающее в результате изменения коэффициентов $\Phi_{\text{одн}}$ и $\Phi_{\text{дв}}$, и отдельно – возникающее в результате изменения продолжительности группового шлюзования:

$$\Delta \overline{t}_{\text{шл.гр}}(\Phi) = \Phi_{\text{одн}}^{\phi} t_{\text{шл.гр.одн}}^{\delta} + \Phi_{\text{дв}}^{\phi} t_{\text{шл.гр.дв}}^{\delta} - t_{\text{шл.гр}}^{\delta} = 0,6 \cdot 44,0 + 0,4 \cdot 37,0 - 40,5 = +0,7;$$

$$\Delta \overline{t}_{\text{шл.гр}}(t) = t_{\text{шл.гр}}^{\delta} - \Phi_{\text{одн}}^{\phi} t_{\text{шл.гр.одн}}^{\delta} + \Phi_{\text{дв}}^{\phi} t_{\text{шл.гр.дв}}^{\delta} = 40,8 - 0,6 \cdot 44,0 + 0,4 \cdot 37,0 = -0,4.$$

Из проведенного факторного анализа видно, что изменение времени групповых шлюзований привело к сокращению среднего времени шлюзования группы судов на 0,4 минуты, а изменение режима работы шлюза – к увеличению этого показателя на 0,7 минуты.

7.4.5 Логарифмический метод

Сущность данного метода – логарифмирование формулы взаимосвязи результирующего показателя с факторами с целью замены мультипликативной связи на сумму или разность логарифмов факторов, то есть когда возникает необходимость в упрощении нелинейной математической связи переменных и приведения ее к линейной форме.

Рассмотрим логарифмический метод факторного анализа на примере зависимости

$$r = \frac{R_c}{v^2}, \quad (7.5)$$

где R_c – сопротивление воды движению судна, кН;

v – скорость движения судна, м/с.

Логарифмируя формулу (7.5), получаем:

$$\lg r = \lg R_c - 2 \lg v. \quad (7.6)$$

Теперь, приняв обозначения $z = \lg r$, $m = \lg R_c$, $n = \lg v$ и введя эти обозначения в исходную формулу, получаем довольно простую прямолинейную связь переменных:

$$z = m + 2n. \quad (7.7)$$

Аналогичный прием можно применить в том случае, если многофакторная зависимость представлена в виде произведения или частного факторов.

Помимо указанных выше методов факторного анализа существует ряд других методов, большинство из которых направлены на повышение точности расчетов. Однако алгоритмы их выполнения существенно усложняют процедуру анализа, что является основной причиной ограничения их применения на практике.

8 ПЛАНИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОК НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

8.1 Навигационное планирование работы флота

8.1.1 Понятие о графике движения флота

Главная цель организации перевозочного процесса на речном транспорте – удовлетворение потребности грузовладельцев в перевозках. Многообразие факторов и условий, от которых зависит эффективность этого процесса, а также высокая степень стохастичности транспортного процесса предопределяет необходимость планирования перевозочной и сопутствующей ей деятельности.

Для решения многочисленных вопросов организации перевозок грузов и движения флота на год судоходные компании разрабатывают *навигационные планы*, называемые чаще графиком движения флота. Название навигационного плана перевозок (график движения флота) сложилось исторически. На определенном этапе развития эксплуатационной науки водного транспорта оно полностью соответствовало его содержанию, когда навигационный план представлялся в виде графического изображения – графика. Со временем, содержание данного понятия изменилось.

График движения флота, как навигационный план, представляет собой совокупность плановых и нормативных документов, регламентирующих оптимальное закрепление грузовых судов за грузопотоками прямого и обратного направлений, согласование движения несамоходных судов и тяговых средств, движения флота с обработкой его в портах, пропуском через шлюзы, техническим обслуживанием и ремонтом, а также иные вопросы организации перевозочного процесса.

Навигационный план призван обеспечивать:

- выполнение годового плана перевозок грузов и установленных эксплуатационно-экономических показателей;
- целесообразное использование провозной способности флота, пропускной способности портов, пути и гидротехнических сооружений;
- выполнение установленных сроков доставки грузов;
- безопасность движения флота;
- согласованную работу всех звеньев водного транспорта с грузовладельцами и со смежными видами транспорта.

Судоходные компании при организации перевозочного процесса должны учитывать значительное число факторов, которые так или иначе влияют на конечные результаты ее деятельности. Поэтому разработка навигационного плана является сложной многовариантной задачей со значительным числом исходных данных и ограничений.

График движения и обработки флота как плановый документ состоит из трех основных разделов: навигационный план освоения грузопотоков, план портового и путевого обслуживания грузового флота, план тягового обслуживания несамоходных судов, плотов и плавучих объектов.

Кроме перечисленных, документами графика движения флота являются планы открытия и закрытия навигации, весеннего завоза грузов на боковые реки и другие документы, разрабатываемые в судоходных компаниях применительно к специфике их работы.

Следует отметить, что специфика деятельности судоходных компаний определяет не только состав документов навигационного плана, но и требуемую детализацию планирования. В Республике Беларусь, например, номенклатура перевозимых грузов и эксплуатационные условия, в которых работает флот, изменяются незначительно, при том, что пропускная способность водных путей, портов и судопропускных сооружений используется со значительным резервом, а флот представлен ограниченным числом типов. Основная деятельность пароходства – местные перевозки строительных грузов на незначительные расстояния.

В таких условиях система планирования перевозок не утратила свою значимость, оставаясь одной из важнейших функций управления пароходством, но процесс решения задач планирования претерпел существенное упрощение и основывается, в основном, на анализе показателей прошлой навигации и экспертном опыте. Несмотря на это, общий алгоритм разработки навигационного плана остается неизменным, как и набор исходных данных, требуемых для эффективного решения оптимизационных задач планирования.

8.1.2 Последовательность и исходные данные для разработки навигационного плана работы флота

От корректной разработки навигационного плана работы флота зависит, во-первых, эффективность выполнения пароходством плана перевозок грузов, во-вторых, экономические и финансовые результаты деятельности пароходства, в третьих, эффективность планов, детализирующих навигационный план (месячные, декадные, суточные), а также корректность и эффективность планов более высоких уровней. Поэтому к разработке навигационного плана требуется подходить с особой тщательностью, максимально детализируя решаемые при планировании задачи, решение которых должно основываться на качественно обработанных исходных данных и результатах анализа опыта предыдущих навигаций.

Разработка навигационного плана работы флота осуществляется на основании схемы, представленной на рисунке 8.1.

Разработка графика движения флота начинается с анализа показателей плана предыдущей навигации. Применение при этом факторного анализа эксплуатационно-экономических показателей работы флота в целом по пароходству позволяет выявить факторы, которые привели к отклонениям наиболее важных результирующих показателей. Дальнейшая детализация анализа направляется на выявление отклонений от плана по конкретным видам деятельности, видам флота, портам и т. д.

Цель анализа работы флота в предыдущую навигацию – выявление причин невыполнения отдельных мероприятий и недопущение подобных случаев в планируемый период. При этом анализируют нормы загрузки, скорости, времени и степень их выполнения по типам флота, участкам работы, портам, родам грузов.

Следующим этапом разработки навигационного плана работы флота является подготовка и анализ исходных данных, основной состав которых следующий:

- плановая корреспонденция грузовых и пассажирских потоков;
- технико-экономические характеристики судов и сведения об их наличии;
- характеристика портов и причалов;
- характеристика путевых условий на водных путях бассейна;
- характеристика ремонтно-эксплуатационных баз и судоремонтных предприятий, их специализация и дислокация в бассейне;
- технические нормы загрузки и скорости флота, времени выполнения отдельных транспортных операций.

Корреспонденция грузовых и пассажирских потоков является базой, на основании которой осуществляется организация перевозочного процесса. На основании ее уточняются размеры перевозок и периоды предъявления грузов к перевозке по каждому грузопотоку, оценивается неравномерность и густота перевозок на отдельных участках водных путей, рассматриваются возможности сочетания грузопотоков прямого и обратного направления.

К исходным данным по флоту относятся специализация флота, его виды и типы, численность, главные размерения, основные технические характеристики (скорость, мощность, грузоподъемность), стоимость содержания судна за час или сутки, штат команды, порт или ремонтно-эксплуатационная база приписки, автономность плавания.

Для эффективного планирования перевозок требуется обладать сведениями по портам и причалам: о специализации и числе взаимозаменяемых причалов, применяемых схемах механизации, пропускной способности, вместимости складов, габаритах портов акватории, длине и типе причальных стенок.

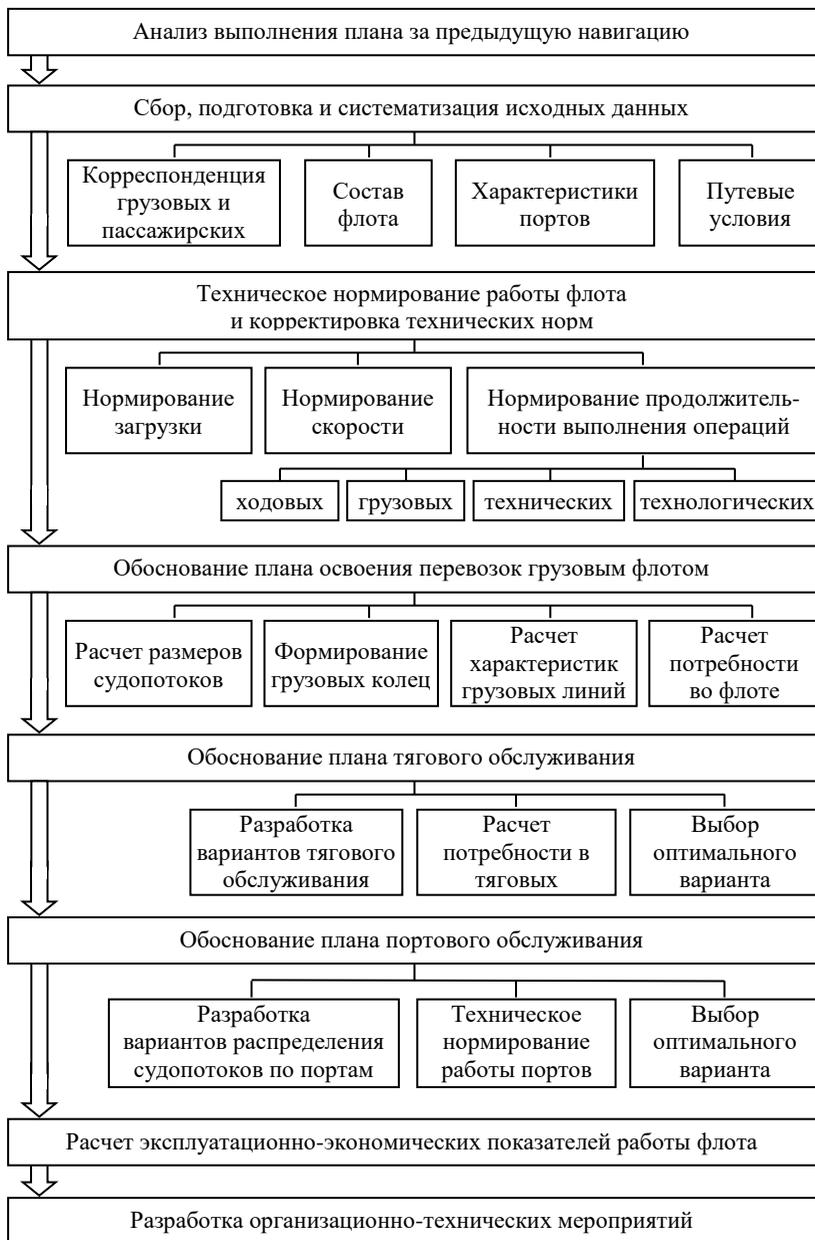


Рисунок 8.1 – Схема разработки графика движения флота

Эффективность работы флота во многом определяется гидрометеорологическими и путевыми условиями в бассейне. Глубина, ширина, радиус закругления судового хода, размеры камер шлюзов определяют осадку и другие размеры флота, который может эксплуатироваться на участках водного пути, его загрузку. Ветро-волновой режим, наблюдаемый в течение навигации на водном пути, определяет класс флота, эксплуатируемого на нем, а продолжительность эксплуатационного периода влияет на интенсивность отправления флота из портов. Протяженность участков со схожими характерными условиями судоходства определяют скорость и продолжительность движения флота по ним.

Географическое размещение пунктов приписки флота, ремонтно-эксплуатационных баз и судоремонтных предприятий оказывает влияние на расстановку флота по участкам водных путей и при закреплении их за грузопотоками. При эксплуатации флота в пределах порта приписки или ремонтно-эксплуатационной базы сокращаются порожние пробеги флота при вводе его в эксплуатацию и выводе из нее, обеспечиваются благоприятные социально-бытовые условия экипажей судов.

Основой любого планирования является нормативная база, в качестве которой выступает система технических норм загрузки, скорости флота и времени выполнения отдельных операций. По этой причине технические нормы должны регулярно корректироваться на основании сложившегося опыта эксплуатации флота и анализа их выполнения в предыдущую навигацию.

Руководствуясь результатами анализа выполнения графика движения флота за истекшую навигацию и на основании исходных данных разрабатываются план освоения перевозок, план тягового обслуживания флота, план портового обслуживания и прочие составляющие навигационного плана.

Завершается разработка графика движения флота расчетом эксплуатационно-экономических показателей работы флота и разработкой соответствующей технической документации.

С целью обеспечения выполнения навигационного плана работы флота разрабатываются конкретные организационно-технические мероприятия для портов, пристаней, отдельных подразделений судоходной компании и назначаются ответственные лица за их выполнение.

8.1.3 План освоения грузопотоков

План (схема) освоения грузопотоков определяет оптимальную схему закрепления грузовых самоходных и несамоходных судов по участкам работы на навигацию. Цель разработки плана – освоение всех плановых

грузопотоков и достижение при этом максимального значения критерия эффективности работы флота. Таким критерием может быть любой показатель, определяющий материальные или трудовые затраты на перевозку: валовая производительность, доходы, прибыль, производительность труда, рентабельность, эксплуатационные расходы или себестоимость. В двух последних случаях оптимум достигается при минимальном значении критерия. Иногда, на выбор критерия могут влиять факторы экологического, социально-политического, оборонного значения, например, доставка груза или пассажиров к определенной дате, независимо от значений прочих критериев.

Естественно, что на схему грузопотоков влияют и долгосрочные последствия чрезвычайных ситуаций. Так, после аварии на Чернобыльской АЭС было прекращено пассажирское сообщение по наиболее эффективным и пользующимся популярностью туристским и скоростным линиям Республики Беларусь.

Разработке плана освоения грузопотоков предшествует анализ исходных данных и прежде всего корреспонденции грузопотоков, характеристик флота и условий пути.

Задача оптимального планирования, как отмечалось ранее, является многовариантной и решение ее является весьма трудоемким процессом. Для наглядности на рисунке 8.2 представлен граф возможных вариантов организации перевозок экспортно-импортных грузов белорусским флотом. Как видно из рисунка, даже в условиях численного ограничения видов и типов флота (5 вариантов), грузопотоков прямого и обратного направления (13 экспортных и 11 импортных), количество вариантов схем организации перевозок оказывается значительным.

Таким образом, повышая детализацию исходных данных и тем самым повышая точность планируемых показателей работы флота, резко увеличивается количество рассматриваемых вариантов и, как следствие, трудоемкость решения задачи. В таких условиях основой эффективного планирования является использование современных математических методов оптимального планирования и средств информационных технологий.

Один из вариантов комплексной экономико-математической модели обоснования плана освоения перевозок с участием смежных видов транспорта следующий.

Пусть имеются исходные данные:

I – множество рассматриваемых грузопотоков, $i \in I$;

J – множество схем доставки груза, $j \in J$;

K – множество транспортных узлов сети, в которых осуществляется переработка рассматриваемых грузопотоков (пункты отправления, назначения, перевалки или паузки грузов), $k \in K$;

E_k – множество схем доставки груза, проходящих через k -й транспортный узел сети с переработкой в нем, $E_k \in J$;

H – множество участков транспортной сети, которые используются в намеченных схемах доставки грузов, $h \in H$;

R_h – множество схем, проходящих через h -й участок транспортной сети, $R_h \in J$;

F – множество видов транспорта, рассматриваемых в намеченных схемах доставки грузов, $f \in F$;

D_j – множество вариантов организации перевозки на j -й схеме $d \in D_j$;

M_f – множество схем с участием f -го вида транспорта;

Q_f – множество типов подвижного состава f -го вида транспорта, которые могут быть использованы на перевозках, $q \in Q$;

T_{ijd} – тарифная ставка на перевозку единицы груза при освоении i -го грузопотока по j -й схеме с использованием d -го сочетания типов подвижного состава;

S_{ijd} – себестоимость перевозки единицы груза при освоении i -го грузопотока по j -й схеме с использованием d -го сочетания типов подвижного состава;

P_k – пропускная способность k -го транспортного узла;

Z_f – провозная способность f -го вида транспорта в рассматриваемой транспортной системе;

P_h – пропускная способность h -го участка транспортной сети;

G_i – размер i -го грузопотока;

L_{ijf} – расстояние перевозок f -м видом транспорта при освоении i -го грузопотока по j -й схеме;

V_{ijdfq} – провозная способность одной единицы подвижного состава q -го типа f -го вида транспорта при d -м сочетании типов подвижного состава на j -й схеме при освоении i -го грузопотока;

Φ_{jq} – наличие подвижного состава q -го типа f -го вида транспорта, который может быть использован для работы в рассматриваемой транспортной сети, единиц.

В качестве искомой переменной выступает X_{ijd} количество груза i -го грузопотока, осваиваемого по j -й схеме доставки с использованием d -го сочетания типов подвижного состава.

Поиск оптимального набора искомых параметров может быть произведен путем реализации нижеприведенной экономико-математической модели.

Функция цели – максимизация общей прибыли от перевозок грузов:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{d \in D_j} (T_{ijd} - s_{ijd}) X_{ijd} \rightarrow \max. \quad (8.1)$$

В качестве ограничений выступают ограничения по пропускной способности пути и транспортных узлов, по провозной способности отдельных видов транспорта, по наличию подвижного состава, и условие освоения всех грузопотоков, представленных к перевозке:

1) по количеству предъявленного к перевозке груза:

$$\sum_{j \in J_i} \sum_{d \in D_j} X_{ijd} = G_i; \quad (8.2)$$

- 2) по пропускной способности транспортных узлов:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in E_k} \sum_{d \in D_j} X_{ijd} \leq \Pi_k; \quad (8.3)$$

- 3) по пропускной способности пути:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in R_h} \sum_{d \in D_j} X_{ijd} \leq P_h; \quad (8.4)$$

- 4) по провозной способности отдельных видов транспорта:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in M} \sum_{d \in D_j} X_{ijd} \cdot L_{ijf} \leq Z_f; \quad (8.5)$$

- 5) по наличию подвижного состава определенного типа:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in M_j} \sum_{d \in D_j} \frac{X_{ijd}}{B_{ijdfq}} \leq \Phi_{fq}; \quad (8.6)$$

- 6) неотрицательность переменных:

$$X_{ijd} \geq 0, i \in I, j \in J_i, d \in D_{ij}. \quad (8.7)$$

Применение данной экономико-математической модели позволяет найти оптимальный вариант плана освоения перевозок, однако многообразие исходных данных негативно сказывается на количестве рассматриваемых вариантов и, как следствие на трудоемкости нахождения ее решения.

Снизить количество рассматриваемых вариантов позволяет применение эвристических методов, основанных на мнениях экспертов и систематизации общих закономерностей эффективного использования флота на перевозках. Систематизация таких закономерностей позволила выделить общие рекомендации по эффективному закреплению флота на перевозках, основные из которых следующие:

- для перевозки навалочных грузов (угля, руды, гравия, песка, шлака и других) следует использовать суда открытого типа без палубных покрытий, а также суда-площадки;

- для грузов, требующих по своим физико-химическим свойствам закрытых от атмосферных осадков помещений (зерна, цемента, бумаги, муки, химических удобрений и других), следует использовать трюмные суда с люковыми закрытиями;

- грузы, требующие повышенных скоростей доставки, рекомендуется перевозить в грузовых самоходных судах;

- минерально-строительные или другие массовые грузы, следующие на большие расстояния с выходом флота в смежные парокходства, желательно перевозить в большегрузных составах, включая секционные;

- перевозки грузов в несамоходных судах, как правило, дешевле

перевозок в грузовых теплоходах;

- себестоимость перевозок снижается с увеличением грузоподъемности судов и пробега их с грузом;

- с увеличением грузоподъемности судна возрастают его строительная стоимость и эксплуатационные расходы, а их удельные показатели снижаются;

- при малых пробегах и низких нормах перегрузочных работ выбирают суда небольшой грузоподъемности с целью снижения времени кругового рейса и времени стоянок под обработкой; это же рекомендуется и при малых партиях груза, предъявленного к перевозке;

- габаритные размеры грузовых судов определяются путевыми условиями участков, на которых эти суда будут эксплуатироваться, а также размерами судопропускных сооружений и каналов;

- класс Регистра судна должен определяться разрядом водного пути, где оно будет эксплуатироваться;

- для перевозки тарно-штучных грузов в контейнерах, скоропортящихся грузов, а также других специальных грузов, которые могут быть перевезены в специализированных судах (при условии их наличия) рекомендуется использовать специализированный подвижной состав: суда-контейнеро-возы, цементовозы, зерновозы, рефрижераторы и т. д.

Использование при обосновании плана освоения перевозок вышеприведенных закономерностей и рекомендаций позволяет существенно снизить трудоемкость решения данной эксплуатационно-экономической задачи. В этом случае используется не прямой перебор вариантов, а целенаправленный поиск оптимального варианта, формальный алгоритм которого заключается в следующем:

1 Для предложенного исходного варианта расстановки флота по участкам работы с закреплением его по грузопотокам прямого и обратного направлений (с учетом рекомендаций, экспертных мнений) рассчитываются размеры груженых судопотоков по формуле (4.1).

2 Осуществляется взаимная увязка судопотоков прямого и обратного направлений и объединение отдельных рейсов в круговые – формируются грузовые кольца. Взаимная увязка осуществляется с учетом взаимного сочетания грузопотоков прямого и обратного направлений по физико-химическим свойствам, по времени предъявления грузов к перевозке, отсутствия встречных порожних пробегов, соразмерности судопотоков прямого и обратного направлений (подразд. 4.3).

3 По всем сформированным грузовым кольцам рассчитываются характеристики грузовых линий (подразд. 4.4) и потребность во флоте с учетом планового резерва:

$$\Phi_{\text{нп}} = r t_{\text{сп}} (1 + k_{\text{рез}}), \quad (8.8)$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва флота, значение которого устанавливается на основании многолетнего опыта, в зависимости от технического состояния флота, навигационных особенностей региона, принятой системы технической эксплуатации флота и прочих факторов.

4 Рассчитанную потребность во флоте сравнивают с наличием флота. Если окажется, что расчетная потребность во флоте какого-либо типа превосходит его наличие у судоходной компании, то оценивается возможность аренды флота. В случае, если арендовать флот оказывается не возможным или нецелесообразным, то схема освоения грузопотоков корректируется путем перестановки лимитированного флота на такие участки, где он может обеспечить максимальную производительность.

5 Рассчитываются значения критериев эффективности и принимается решение о принятии разработанного плана или о необходимости его дальнейшего совершенствования.

Применение такого алгоритма позволяет в оперативном режиме, без применения средств автоматизации решения экономико-математической задачи, найти субоптимальное решение.

8.1.4 План портового и путевого обслуживания грузового флота

План портового и путевого обслуживания судов, как составная часть навигационного плана, выражает сводный оптимальный режим обслуживания флота в портах и в пути следования с целью обеспечения максимального эффекта использования флота.

Основное содержание плана составляют следующие данные:

- нормы загрузки и разгрузки флота;
- нормы времени обслуживания флота в портах;
- нормы загрузки (разгрузки) каждого типа судна определенным грузом и на определенной линии;
- нормы времени полного обслуживания судов с выделением: технических и технологических операций до начала грузовой обработки, технических и технологических операций после грузовой обработки;
- нормы времени следования судов и составов по каждому судоходному участку и направлению движения (вверх, вниз);
- время пропуска судов и составов через каждый шлюз (шлюзованную систему);
- время проследования лимитирующих участков пути (с односторонним движением).

По пунктам реформирования и смены составами толкачей-буксиров в плане фиксируется время обслуживания толкачей-буксиров и составов.

Обоснование плана портового и путевого обслуживания флота, как и прочие задачи навигационного планирования, является многовариантной эксплуатационно-экономической задачей. Однако в качестве исходных данных для ее решения выступает план освоения перевозок.

Целевой функцией эксплуатационно-экономической задачи оптимального портового и путевого обслуживания является максимизация провозной способности флота, работающего на грузовых линиях, обоснованных в плане освоения перевозок.

Нормы времени обслуживания судов и составов в портах должны обеспечивать ритмичность их движения (кратность кругового рейса интервалу отправления) и согласованность времени обслуживания состава и толкача на каждой из грузовых линий для снижения ожидания составами толкачей и толкачами составов.

В плане портового обслуживания для судов, используемых на перевозках массовых и многих тарно-штучных грузов, целесообразно регламентировать начало и конец грузовой обработки, так как ввиду стохастичности транспортного процесса нормы времени на выполнение отдельных операций могут быть реализованы лишь с определенной степенью вероятности. Однако для судов, перевозящих контейнерные и некоторые тарно-штучные грузы, на линиях работающих по расписанию, указание времени прибытия и отправления обязательно.

При обосновании оптимального плана портового и путевого обслуживания особое внимание уделяется резервам времени, добавляемым в технические нормы с целью устранения негативных последствий стохастичности транспортного процесса. С одной стороны, добавление такого резерва снижает провозную способность флота, но с другой – обеспечивает возможность вносить корректировки в план без существенного изменения технологии перевозочного процесса.

8.1.5 План тягового обслуживания

План тягового обслуживания представляет собой навигационный план обеспечения несамходных грузовых судов, плотов и плавучих объектов тяговыми средствами.

Основное преимущество эксплуатации несамходного флота по сравнению с самоходным заключается в возможности отделения тяговых средств от несамходных грузовых судов и исключения их простоев во время грузовой обработки в портах. Однако реализация данной возможности связана с определенными организационными мероприятиями и не всегда экономически целесообразна.

Различают два основных способа тягового обслуживания судовых и плотовых составов: с постоянным закреплением тяги за составом и с закреплением тяги на отдельные рейсы (подразд. 4.6). Однако многообразие факторов, влияющих на эффективность применения того или иного способа

тягового обслуживания, на протяженность тяговых плеч, требует обоснования принятого к исполнению варианта организации перевозочного процесса. Это и является основной задачей плана тягового обслуживания, как составной части навигационного планирования.

В плане тягового обслуживания несамоходных судов и плотов обосновываются наиболее эффективные сочетания способов тягового обслуживания баржевых (секционных) и плотовых составов, определяются оптимальные грузовые массы составов и соответствующие им мощности толкачей (буксиров) на каждой грузовой линии или в рейсе.

Общим критерием оптимального варианта плана тягового обслуживания составов, как правило, является повышение провозной способности буксиров-толкачей, валовой производительности (эксплуатационный показатель) при снижении себестоимости перевозок или росте показателя прибыли (экономический показатель), то есть такой вариант плана выбирается на основании эксплуатационно-экономических расчетов.

Применение того или иного способа обслуживания составов закрепленными или незакрепленными буксирами-толкачами целесообразно в том случае, если: при постоянном закреплении тяговых средств экономия в эксплуатационных расходах по грузовым судам больше перерасхода по тяговым средствам или равна им; при закреплении тяги на отдельные рейсы – экономия в эксплуатационных расходах по тяговым средствам больше перерасхода по грузовым судам.

При закреплении тяги на отдельные рейсы время обработки тяги меньше, чем при постоянном закреплении (см. рисунки 4.7, 4.8), однако для обслуживания состава на рейде должен привлекаться рейдовый флот, что вызывает дополнительные расходы. Поэтому целесообразность применения способа с постоянным закреплением тяги за составом определяется неравенством:

$$(\mathcal{E}_б + \mathcal{E}_т) t_{обр} < (\mathcal{E}_б t'_{обр1} + \mathcal{E}_т t'_{обр2} + \mathcal{E}_{рейд} t'_{рейд}) \quad (8.9)$$

где $\mathcal{E}_б$, $\mathcal{E}_т$, $\mathcal{E}_{рейд}$ – стоимость содержания барж, тяговых средств и рейдовых судов за сутки эксплуатационного периода;

$t_{обр}$ – время обработки состава при постоянном закреплении тяговых средств за составом;

$t'_{обр1}$ – время обработки барж состава при закреплении тяги за ним на отдельные рейсы;

$t'_{обр2}$ – время стоянок толкача (буксира), вызванных обработкой несамоходного флота при закреплении тяги за ним на отдельные рейсы;

$t'_{рейд}$ – затраты времени рейдовым судном на обслуживание барж состава, не закрепленного за тягой.

Как видно из формулы (8.9) при равенстве левой и правой частей предпочтение отдается способу с постоянным закреплением тяги за тоннажем, так как в этом случае существенно упрощается организация перевозочного процесса.

Постоянное закрепление толкачей (буксиров) за составами требует относительно высоких норм грузовых работ, чтобы снизить стоянки как грузовых судов, так и толкачей (буксиров) в портах их обслуживания, что, в свою очередь, негативно сказывается на себестоимости перегрузочных работ. Это объясняет тот факт, что эксплуатационно-экономические расчеты обоснования системы тягового обслуживания должны носить комплексный характер и учитывать как совокупные затраты по флоту, так и по причалам погрузки и выгрузки.

Задача обоснования оптимальной схемы тягового обслуживания решается в несколько этапов:

- выбор способа тягового обслуживания;
- определения границ тяговых плеч;
- обоснование системы закрепления тяги за тяговыми плечами;
- обоснование типа и числа барж в составе на каждом тяговом плече;
- определение потребности в тяговых средствах.

В целом, в плане тягового обслуживания несамостоятельных судов и плотов (как в навигационной схеме) отражаются по каждой грузовой линии способ ее тягового обслуживания, характеристики таких линий (частота отправления составов, их грузовая масса, тип (мощность) толкача-буксира, временные характеристики работы флота, их потребность и производительность), а также размер выполняемой транспортной работы по каждому способу тягового обслуживания.

8.1.6 План эксплуатационной работы судоходной компании

Перечисленные аспекты навигационного планирования освещают вопросы организации перевозок грузов и движения флота судоходной компании. Однако эксплуатационная деятельность транспортного предприятия не ограничивается вопросами организации перевозок. Поэтому в межнавигационный период в судоходных компаниях разрабатывается *план эксплуатационной работы* на предстоящую навигацию, охватывающий все аспекты эксплуатационной деятельности предприятия.

В данном плане определены плановые характеристики условий плавания и ожидаемые даты начала и окончания навигации, содержится план перевозок грузов, план перегрузочных работ, освещаются вопросы организации диспетчерского руководства работой флота, взаимодействия со смежными видами транспорта, вопросы грузовой и коммерческой работы, вопросы обеспечения безопасности судоходства и технической

эксплуатации объектов водного транспорта, аспекты маркетинговой деятельности и системы менеджмента качества, а также многие другие.

В современных условиях, в условиях конкурентного окружения каждое судоходное предприятие самостоятельно определяет содержания плана экс-

платационной деятельности. Однако каковы бы ни были различия по форме подготовки данного документа, в общем виде он состоит из трех принципиальных разделов: исходные условия (данные) для разработки плана; организационно-технические мероприятия выполнения плана; организационно-технические мероприятия в условиях отклонения от запланированных норм; экономическая эффективность эксплуатационной деятельности.

8.2 Техническое планирование работы флота

Навигационный план использования флота разрабатывают на основании среднегодовых показателей перевозок грузов, среднегодовых норм использования флота и потребности во флоте. Однако в течение навигации изменяются объемы перевозок, путевые условия, нормы загрузки флота, нормы на операции вне кругового рейса. Следовательно, если руководствоваться этими данными, то вследствие неравномерности перевозок по времени в отдельные месяцы навигации план не будет выполнен из-за недостатка флота, а в другие месяцы, наоборот, будет наблюдаться его избыток и, как следствие, завышение эксплуатационных расходов. Данный факт обуславливает необходимость ежемесячно разрабатывать плановую документацию, конкретизирующую данные аспекты эксплуатационной деятельности судоходной компании.

Совокупность плановой документации такого типа представляет из себя *технический (месячный) план работы флота (техплан)*. Основное назначение технического плана – установить оптимальную среднесуточную потребность по видам флота, обеспечивающую выполнение месячного плана перевозок грузов и достижение установленных навигационным планом значений показателей работы флота, и источники покрытия этой потребности.

При этом не следует забывать, что сам транспортный процесс непрерывен, его нельзя разбить на части (например, месяцы), потому что рейсы, начатые в одном месяце, не заканчиваются в границах этого календарного отрезка времени, а переходят на другой месяц, образуя так называемые «переходящие остатки» транспортной работы (тонно-километров); часть судов временно выводится из транспортной работы на профилактический ремонт или на нетранспортную работу и наоборот, вводятся в эксплуатацию новые суда, выводятся из ремонта. Все это значительно осложняет решение задачи технического планирования и определяет ее статус, как одной из важнейших задач, от реализации которой зависит эффективность выполнения навигационного плана.

Технический план включает в себя три группы документов: количественные показатели по перевозкам грузов и работе флота; качественные

показатели работы флота; план обеспечения флотом месячного задания по перевозкам грузов.

Количественные показатели перевозок грузов выступают при разработке технического плана как основное количественное задание для организации перевозок грузов. Из качественных показателей использования флота на планируемый месяц могут рассчитываться эксплуатационно-экономические показатели его работы, либо интегральные показатели качества организации его движения. План обеспечения флотом месячного задания по перевозке грузов представляет из себя плановую документацию, регламентирующую значение среднесуточной потребности во флоте, требуемой для осуществления перевозок.

Технический план разрабатывается в несколько этапов: подготовка и анализ исходных данных; расчет и взаимная увязка элементов плана; составление выходных форм плановой документации; разработка мероприятий, обеспечивающих выполнение технического плана.

В качестве основных исходных данных для разработки технического плана выступают корреспонденция грузовых потоков на плановый период, сведения о наличии и характеристиках флота, используемого на перевозках, технические нормы по эксплуатации флота, характеристики путевых условий.

В процессе анализа корреспонденции, прежде всего, выявляются грузопотоки, которые не осваивались в предплановый период, а также грузопотоки, освоение которых прекращается в плановом месяце. Результаты анализа используют при детализации навигационного плана, уточняя среднемесячные данные с данными на планируемый месяц.

Наличие флота на каждый месяц, как правило, устанавливают балансовым методом с учетом фактического его наличия по типам судов, а также пополнения и убыли флота в течение месяца. Необходимость такого учета обуславливается текущими изменениями количественного состава судов, которые могут быть использованы на перевозках (суда могут выводиться из эксплуатации при необходимости осуществления с ними мероприятий технической эксплуатации, например, ремонта), а также изменениями их эксплуатационных характеристик (например, уменьшение мощности, скорости, грузоподъемности, грузместимости вследствие физического износа, или увеличение этих характеристик – вследствие модернизации).

Балансовое среднесуточное наличие тоннажа грузового флота в течение планового периода может быть определено по формуле

$$\overline{\Sigma Q_p} = \Sigma Q_{\text{пн}} + \frac{\Sigma Q_{\text{пн}} t_{\text{п}} - \Sigma Q_{\text{пк}} t_{\text{к}}}{t_s}, \quad (8.10)$$

где $\Sigma Q_{\text{пн}}$ – наличие флота (тоннажа) на начало планового периода, т;

$\Sigma Q_{\text{прпн}}$ – пополнение флота в течение планового периода, тоннаже-суток;
 $\Sigma Q_{\text{рубл}}$ – убыль флота в течение планового периода, тоннаже-суток;
 t_3 – продолжительность планового периода, сут.

Среднесуточное наличие тяги планируется по аналогичной методике и определяется в единицах мощности.

Технические нормы на плановый период уточняют и корректируют с целью учета возможных изменений путевых условий, производительности грузовых операций и операций комплексного обслуживания флота.

На основании вышеуказанных исходных данных и откорректированной схемы расстановки флота рассчитываются и взаимосвязываются элементы его работы в единую систему, реализация которой дает максимальный экономический эффект. Данная задача, в силу ее специфики, является многовариантной и решается с применением экономико-математических методов оптимального планирования [15]. По результатам ее решения разрабатывается отчетная плановая документация и конкретные мероприятия, обеспечивающие его выполнение.

Главной составляющей специфики решения задачи оптимального планирования на месяц (разработки техплана), как было отмечено ранее, является наличие, так называемых, «переходящих остатков транспортной работы». Для того чтобы отправленный груз был доставлен в пункт назначения требуется определенное время. В первых числах планового месяца часть транспортного флота будет еще занята на завершении перевозок предпланового месяца, а в конце месяца, часть груза не успеет дойти до пункта назначения и определенная доля грузооборота будет произведена в послеплановом месяце (рисунком 8.3).

На рисунке 8.3 показана схема образования «переходящих остатков транспортной работы» на грузовой линии. Для наглядности принято, что время следования флота по участку водного пути постоянно. Как видно, величина «переходящего остатка» в условиях равномерного суточного отправления грузов и строгого соблюдения интервала отправления судов соответствует площади треугольника с высотой, равной среднесуточному грузообороту, и основанием, равным времени нахождения судна в пути. Таким образом

$$Gl_{\text{пер}} = \frac{1}{24} \cdot \frac{\overline{Gl}_{\text{сут}} \cdot t_x}{2}, \quad (8.11)$$

где t_x – ходовое время, сут;

$\overline{Gl}_{\text{сут}}$ – среднесуточный грузооборот, т·км/сут,

$$\overline{Gl}_{\text{сут}} = \frac{G_{\text{расч}}}{t_{\text{расч}}} \cdot l_r, \quad (8.12)$$

где $G_{\text{расч}}$ – расчетный размер грузопотока в плановом месяце, т;
 $t_{\text{расч}}$ – расчетный рабочий период планового месяца, сут;
 l_{Γ} – средняя дальность перевозок грузов, км.

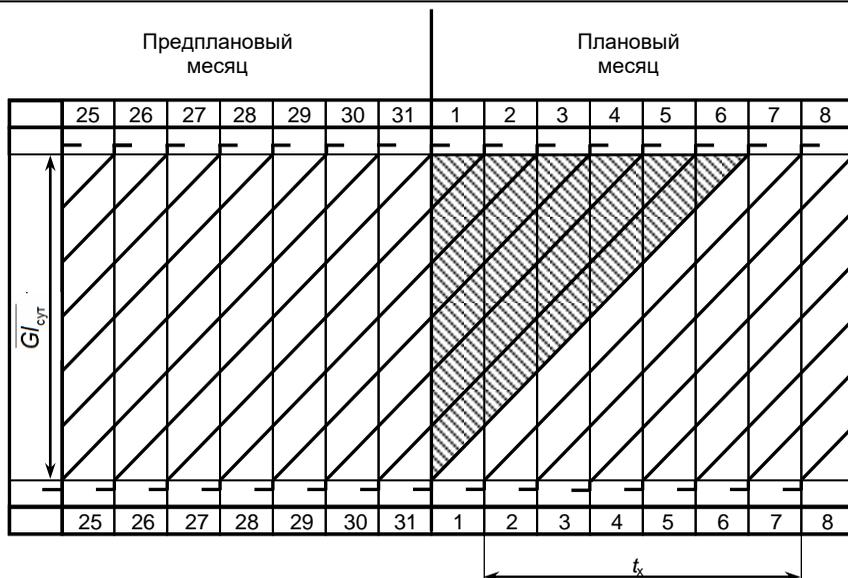


Рисунок 8.3 – Схема образования «переходящих остатков транспортной работы»

Помимо наличия «переходящих остатков транспортной работы» в плановый месяц «переходят» и затраты флота, который осваивает данный грузооборот. Это также накладывает специфику на процесс взаимосвязки составляющих технического плана. Особую сложность при этом составляет наличие возможности участия в перевозках груза флота различных судоходных компаний или, например, смежных пароходств. В таких случаях технический план дополняют плановой документацией по обмену флотом между пароходствами.

8.3 Оперативное планирование работы флота

В течение месяца также возможны количественные изменения в численности флота, технических норм выполнения судами отдельных операций, прочих факторов, к перевозке могут быть представлены новые грузопотоки, которые не были учтены при разработке навигационного и технического плана работы флота. С целью учета данных фактов, снижения негативных последствий суточной и декадной неравномерности перевозочного процесса, а также с целью дальнейшей детализации и конкретизации технического плана разрабатываются *оперативные планы работы флота – декадные и суточные*.

На период декады разрабатывается декадный план подачи тоннажа под загрузку. Его задача – обеспечение отправления всех грузов, включенных в декадные заявки грузовладельцев. Для судоходных компаний со значительными размерами перевозок данная задача предусматривает получение каждым портом в течение декады такого количества порожнего тоннажа (включая тоннаж, освобождающийся после выгрузки в данных портах), которого было бы достаточно для погрузки всего предусмотренного к отправлению груза с учетом, и тоннажа, который, в соответствии с принятой схемой организации движения флота, должен быть отправлен в порожнем состоянии.

В качестве исходных данных для разработки декадного плана подачи тоннажа под загрузку выступают: навигационный план работы флота; технический план; декадные заявки грузовладельцев; технические нормы, уточненные техническим планом; фактическая дислокация флота на момент разработки плана; прогнозная дислокация флота на начало декады (конец предплановой декады); прогноз погоды на плановую декаду и данные о возможных изменениях путевых условий; оперативные данные учета отправления грузов в текущей декаде и их наличие на причалах портов и грузовладельцев.

Примерный порядок разработки декадного плана состоит в следующем. Исходя из заявок грузовладельцев на плановую декаду (с учетом образовавшегося невыполнения предыдущего декадного плана) и установленных техпланом технических норм работы флота определяется количество порожнего тоннажа по каждому порту (пристани), причалу грузовладельца и каждому роду груза. С использованием оперативных данных о дислокации флота на момент разработки декадного плана, прогнозов его местонахождения и характера его работы на конец текущей декады прогнозируется время прибытия порожних судов в пункты предполагаемой их загрузки и груженых судов – в пункт их предполагаемой разгрузки, время ее окончания и возможной подачи разгруженного флота под загрузку.

Исходя из принятой в навигационном плане (уточненной техпланом) частоты отправления флота по каждой линии, первоочередности отправления грузов устанавливается персональное распределение порожних судов по пунктам их загрузки. Таким образом, в выходных формах декадного плана на каждые сутки указываются суда, которые должны быть поданы под загрузку в каждый из пунктов, и количество тонн отправляемых грузов в целом и по номенклатуре.

Декадный план подачи тоннажа под загрузку является основой для суточного планирования, включающего в себя:

– суточный план отправления грузов (по каждому порту и судоходной компании в целом);

- суточный план шлюзования судов и составов;
- сменно-суточный план работы портов.

Суточный план детализирует и уточняет показатели декадного плана. В суточном плане отправления грузов указываются сроки (дата, время) отправления каждого груженого судна или состава, их загрузки, пункт назначения, наименование буксирного судна, с которым отправляется состав. В суточном плане работы шлюза дается время начала и прогнозное время окончания шлюзования каждого судна или состава. В сменно-суточном плане работы порта указываются данные о грузовой работе, комплексном обслуживании флота и прочих составляющих работы порта или пристани.

8.4 Судовое планирование работы флота

Дальнейшей детализацией оперативного планирования является судовое планирование, являющееся отражением заданий навигационного и технического плана работы флота в производственной деятельности экипажа конкретного транспортного судна. Плановое задание экипажу объективно отражает условия, в которых эксплуатируется судно, ориентирует экипаж на выполнение и перевыполнение производственного плана.

Плановое задание экипажу транспортного судна по производственным, финансовым и экономическим показателям на навигацию устанавливается в производственно-финансовом плане работы судна. Данный план разрабатывается для грузовых самоходных судов, а также для несамходных судов, эксплуатируемых с экипажем.

Производственно-финансовый план транспортного судна в общем виде состоит из трех разделов: первый – общие данные о судне и характере планируемой работы; второй – производственные показатели; третий – финансовые и экономические показатели.

В первом разделе указываются наименование или номер судна, мощность энергетической установки или его грузоподъемность, штат судовой команды, время ввода в эксплуатацию и вывода из нее, участок работы и система судового планирования.

Во втором разделе производственно-финансового плана грузовых и буксирных судов устанавливается продолжительность планового эксплуатационного периода, временные характеристики, составляющие эксплуатационный период, а также количество транспортной работы в тонно-километрах.

Для грузопассажирских судов указываются плановые объемы перевозок грузов и пассажиров, плановый грузооборот и пассажирооборот, а также приведенные тонно-километры, получаемые с помощью коэффициента приведения планового пассажирооборота к грузообороту. Использование

такого показателя позволяет получить обобщающий показатель по всему объему работ, выполняемых грузопассажирским судном и, впоследствии, анализировать его совместно с грузовыми судами без выделения грузопассажирского флота в отдельную группу. Значение коэффициента приведения пассажирооборота к грузообороту устанавливается исходя из особенностей технологии работы судна в данной судоходной компании.

Для пассажирского судна, эксплуатируемого на пригородных или внутригородских линиях в качестве производственного показателя, принимается число перевезенных пассажиров, которое оно должно перевести за навигацию.

В третьем разделе производственно-финансового плана грузовых и буксирных судов устанавливаются плановые значения экономических показателей, как правило, эксплуатационных расходов, а также себестоимость перевозок по прямым расходам (приведенная к тонно-километрам) или себестоимость содержания судна в час эксплуатационного периода.

За выполнение или перевыполнение производственно-финансовых планов экипажи судов получают премии из фонда заработной платы или из фонда материального поощрения экипажей.

Степень выполнения производственно-финансового плана может оцениваться путем сравнительного анализа как отношение фактически выполненного грузооборота к плановому и выражаться в процентах:

$$\alpha = \frac{A_{\text{факт}}}{A_{\text{пл}}} \cdot 100, \quad (8.13)$$

где $A_{\text{факт}}$, $A_{\text{пл}}$ – соответственно, фактически выполненный и плановый грузооборот, т·км.

По аналогичным выражениям (как отношение фактического значения показателя к плановому) оценивают выполнение задания по перевозкам грузов и пассажиров, по пассажирообороту и приведенным тонно-километрам, по доходам и прибыли, по себестоимости.

С целью получения более детальных данных о выполнении или невыполнении производственно-финансового плана могут применяться и другие, более совершенные методы анализа, например, факторный анализ.

В системе судового планирования на водном транспорте особое место занимают еще более детальные планы: рейсовые и вахтенные.

Рейсовый план представляет из себя набор плановой документации, определяющей задание для экипажа на отдельный рейс судна, соответственно *вахтенный план* – на вахту. При осуществлении повахтенного планирования огромное значение имеет личный опыт капитана судна: знание технических, эксплуатационных и мореходных

качеств судна и его особенностей, путевых условий и личных качеств каждого члена экипажа. Задание каждой вахте устанавливается капитаном и регистрируется в вахтенном журнале.

В некоторых судоходных компаниях Российской Федерации, на отдельных судах процесс планирования был детализирован еще глубже, что нашло отражение в введении на данных судах почасового графика работы. Его суть заключается в том, что на основании вахтенного задания разрабатывается производственное задание на каждый час работы вахты.

Опыт применения такой системы судового планирования показал, что на короткопребжных перевозках (перевозки на короткопребжных припортовых линиях, рейдовых работах), когда все операции технологического процесса судна неоднократно повторяются, введение почасового графика создает условия для экономии времени на каждом элементе транспортного процесса, дает стимул для дальнейшего соревнования между вахтами, что способствует более эффективной работе судна в целом и выполнению им плановых показателей, обеспечивает повышение производительности труда, рентабельности работы и снижение себестоимости перевозок.

Выходные формы планов вышеперечисленных типов устанавливаются и разрабатываются судоходными компаниями с учетом специфики их работы.

9 ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ ФЛОТА

На особенности работы флота оказывает влияние огромное количество факторов, что определяет такое свойство транспортных процессов как стохастичность. Под воздействием ряда таких факторов нарушается заданный уровень организованности системы доставки, в транспортной системе возрастает энтропия и как следствие, происходит невыполнение планов всех уровней (навигационного, технического, оперативного); снижение эффективности транспортного процесса. С целью частичного или полного устранения данного аспекта технологии работы водного транспорта организована система оперативного управления работой флота, основной частью которой является система оперативного регулирования. Цель системы оперативного регулирования работы флота – внесение в технологический процесс отдельных судов, портов, причалов в оперативном режиме изменений, направленных на выполнение плановых показателей или снижения негативного эффекта от их невыполнения.

Понятия «оперативное планирование работы флота и портов» и «оперативное регулирование работы флота» тесно связаны между собой. Под *оперативным планированием работы флота* понимается выработка и принятие предварительно согласованных решений о предстоящей перевозке определенной партии груза между определенными пунктами отправления и назначения конкретными судами. Функции *оперативного регулирования* аналогичны. Основным отличием является то, что при регулировании решение принимается в реальном масштабе времени, в то время как при планировании имеется определенный запас: продолжительность вахты – при повахтенном планировании, сутки – при суточном, декада – при декадном.

Эффективность оперативного управления зависит от постановки и качества оперативного контроля, учета и анализа работы флота и хода всего транспортного процесса. *Оперативный контроль* состоит в наблюдении за основными параметрами технологических процессов: началом и окончанием отдельных операций транспортного процесса; выполнением технических норм времени, загрузки и скорости; началом и окончанием технологических процессов работы транспортного судна (рейса, оборота и

9 *Оперативное управление работой флота* (алом отправления, частотой отправления флота и др.).

Оперативный учет заключается в сборе, накоплении и обработке информации, характеризующей работу каждого отдельного судна, флота в целом, и работу портов за определенный интервал времени.

Оперативный анализ предусматривает выявление и объяснение причин отклонений от плановых значений показателей, количественную оценку этих отклонений, а также количественную оценку скрытых резервов в ходе транспортного процесса.

Оперативное управление работой флота осуществляется диспетчерским аппаратом. Основными задачами диспетчерского аппарата по управлению работой флота являются:

- выполнение планов перевозок грузов;
- эффективное использование транспортного флота на перевозках;
- регулирование параметрами перевозочного процесса с целью устранения или снижения негативных последствий его стохастичности.

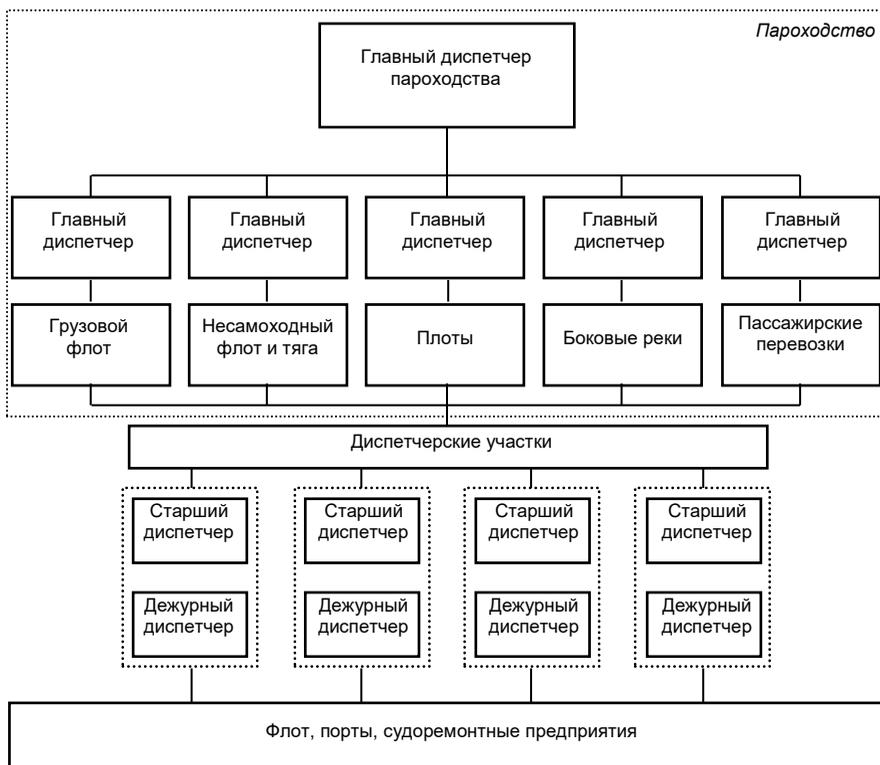
К основным функциям диспетчерского аппарата относятся:

- организация работы транспортного флота исходя из условия равномерного выполнения планов перевозок;
- создание условий для выполнения транспортным флотом установленных технических норм и нормативов;
- повышение производительности труда работников водного транспорта;
- осуществление оперативного контроля за движением, обработкой и обслуживанием флота в пути, портах, судоремонтных предприятиях в соответствии с установленными нормативами;
- информирование портов назначения и грузовладельцев об отправлении в их адрес груженых судов или подаче для загрузки порожних с указанием рода и количества груза, срока их прибытия;
- разработка и организация выполнения оперативных планов отправления грузов, подачи тоннажа и тяговых средств, комплексного обслуживания флота;
- принятие необходимых мер для обеспечения безопасности судоходства;
- составление и выдача на суда диспетчерских распоряжений на выполнение рейсовых заданий, информационное обеспечение экипажей судов;
- ведение отчетно-исполнительской диспетчерской документации;
- регулирование движением флота по участку.

В случае аварийной ситуации диспетчер обеспечивает оказание помощи аварийным судам и обеспечивает безопасность судоходства прочих судов. Все распоряжения и указания, которые дает диспетчер в письменной форме,

по телефону или радиосвязи, подлежат безоговорочному выполнению всеми оперативными работниками, прямо или косвенно связанными с движением, обработкой и обслуживанием транспортного флота.

Оперативное управление транспортной системой в целом, с одной стороны, требует централизации работы диспетчерского аппарата, сосредоточение значительных связей в руках одного ответственного лица. С другой стороны, необходимость управления каждым единичным объектом приводит к децентрализации, к ограничению круга задач или числа объектов, контролируемых одним человеком. Это объективное противоречие между частными и общими задачами, децентрализацией и централизацией оперативного управления предопределяет существование различных структурных схем диспетчерского аппарата судоходных компаний. Так, например, в ОАО «Судоходная компания Западно-Сибирское речное пароходство», обладающей значительными размерами перевозок, система диспетчерского управления обладает структурой, приведенной на рисунке 9.1, в РТУП «Белорусское речное пароходство» система диспетчерского управления предельно упрощена и диспетчерский аппарат сосредоточен, в основном, в портах-филиалах пароходства.



9 Оперативное управление работой флота

Рисунок 9.1 – Схема диспетчерского управления работой флота и портов

Результаты анализа работы диспетчерского аппарата показывают, что в его деятельности преобладают контрольно-учетные функции: более 54 процентов рабочего времени расходуется диспетчером на прием и передачу информации о состоянии транспортного процесса (связь с судами, служебные телефонные разговоры, обмен информацией с причастными работниками к процессу управления перевозками, просмотр телефонограмм и прочей справочной документации), ведение графика исполненного движения флота – 27 процентов, ведение прочей отчетно-исполнительской документации – более 15 процентов.

С целью сокращения затрат времени диспетчера на выполнение многих из указанных выше операций на водном транспорте активно используются и внедряются информационные системы, средства связи, хранения, передачи и обработки информации. При сведении времени выполнения данных рутинных операций к минимуму у диспетчера будет наблюдаться больше времени на поиск оптимальных решений при выполнении функций оперативного управления работой флотом и портов, в конкретных условиях их работы.

В своей оперативной работе диспетчерский аппарат работает с многочисленной документацией: правовой, плановой, нормативной и технической.

К правовой документации относятся различные правила, положения и инструкции соответствующих министерств и ведомств, регламентирующих работу водного транспорта в целом и его взаимоотношения с другими видами транспорта или отраслями промышленности: кодексы, уставы, правила технической эксплуатации водного транспорта, правила плавания по водным путям, положения, должностные инструкции и прочие.

К плановой документации относятся планы всех уровней (навигационный, технические и оперативные), которыми диспетчер должен руководствоваться при выполнении возложенных на него функций.

К нормативной документации относится документация, содержащая различные нормы и нормативы, выполнение которых должен контролировать диспетчерский аппарат.

К технической документации относятся многочисленные руководства, инструкции и справочники.

Огромное значение на качество и оперативность работы диспетчерского аппарата оказывает качество обеспечения его связью. С целью обеспечения диспетчера оперативной информацией судоводители в соответствии с установленным регламентом должны сообщать ему данные о дислокации

судна, его техническом состоянии, характере выполняемой работы, аварийных ситуациях и прочих аспектах работы судна. Все эти данные диспетчер фиксирует по установленной форме отчетно-исполнительской диспетчерской документации.

10 ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ И ПассажиРОВ

10.1 Организация пассажирских перевозок

Принципиальным отличием пассажирских перевозок от грузовых является то, что, осуществляя их, первостепенной задачей транспорта становится обеспечение сервиса, являющегося, в свою очередь, аспектом нематериального производства. Исходя из этого, при решении оптимизационных задач планирования и организации перевозочного процесса, требуется применять совершенно иные критерии, что оказывает непосредственное влияние на принятие управленческих решений в области организации пассажирских перевозок.

Так, например, как было сказано в разд. 4, при организации грузовых перевозок судоходная компания руководствуется двумя требованиями: получением максимальной эффективности работы флота с целью обеспечения освоения всех грузопотоков. При организации пассажирских перевозок к этим требованиям добавляется еще одно требование: создание соответствующего сервиса для пассажира. Выполнение данного требования оценивается качественными, а не количественными показателями (причем несколькими), что существенно осложняет процесс принятия управленческих решений в области организации перевозок. Особенно следует отметить тот факт, что обеспечение сервиса всегда вступает в противоречие с критериями, минимизирующими расходы, которые часто используются в решении оптимизационных задач транспорта.

Обеспечение сервиса включает в себя приемлемую для пассажира стоимость билета, поездку его без пересадок, организованность посадки и высадки пассажиров в береговых пунктах, удобное время прибытия и отправления, безопасность поездки, определенный уровень комфортабельности, а также культуру обслуживания на судах и остановочных пунктах.

В Республике Беларусь доля пассажирских перевозок водным транспортом очень мала, но в некоторых регионах стран-участников СНГ водный транспорт является единственным видом транспорта. В данном случае, помимо обеспечения сервиса, на водный транспорт возлагается и социальная функция. В таких условиях пассажирские перевозки не могут быть конкурентоспособными по ценовому фактору, поэтому важным аспектом их организации является не получение прибыли, а стремление

снизить долю эксплуатационных расходов на перевозку, в компромиссе с сервисом.

Единственным видом пассажирских перевозок, при организации которых возможно получение прибыли, являются туристские перевозки. В данной сфере речной транспорт имеет ряд преимуществ над смежными видами транспорта, которые необходимо эффективно использовать.

Во-первых, река является основным естественным источником рекреационной деятельности человека, его релаксации и позитивных эмоций, что сложно сочетается с путями сообщения смежных видов транспорта.

Во-вторых, вдоль рек располагается, как правило, множество исторических достопримечательностей, что объясняется их естественной привязанностью к водным путям, как к первым путям сообщения, освоеным человеком.

В-третьих, невысокая скорость движения подвижного состава речного транспорта является достоинством при организации туристских многодневных перевозок, оставаясь одним из его недостатков при прочих видах пассажирских перевозок.

В-четвертых, значительные габаритные размеры подвижного состава речного транспорта позволяют создавать благоприятные условия нахождения пассажира в поездке на протяжении длительного периода, особенно при выделении в его жилых помещениях соответствующей инфраструктуры.

Эффективное использование вышеперечисленных преимуществ речного транспорта и тот факт, что в настоящее время все большее значение в Республике Беларусь уделяется туризму, позволяет прогнозировать рост сферы влияния водного транспорта в сфере организации туристских перевозок и получение экономического эффекта.

Под *пассажирской линией* понимается транспортная связь, осуществляемая с целью перевозок пассажиров между определенными пунктами однотипным флотом, работающим по расписанию.

В зависимости от назначения, дальности перевозок, комфортабельности и широты номенклатуры предоставляемых услуг пассажирские линии делятся на транспортные, туристские и экскурсионно-прогулочные.

Транспортные линии организуются для перевозки пассажиров между определенными пунктами, чаще всего, крупными административными, культурными и промышленными центрами с регулярным отправлением судов.

На *туристских линиях* перевозятся отдыхающие пассажиры по специальным туристским маршрутам с предоставлением им питания,

культурного и экскурсионного обслуживания. Продолжительность поездки на таких линиях более суток.

Экскурсионно-прогулочные линии предназначены для перевозки пассажиров с целью отдыха или ознакомления с достопримечательностями при продолжительности поездки менее суток.

Главной задачей организации пассажирских перевозок речным транспортом является разработка оптимальной схемы пассажирских линий с обязательным условием освоения всех плановых пассажиропотоков и обеспечением сервиса при максимально эффективном использовании флота.

Задача обоснования оптимальной схемы организации пассажирских перевозок, как и аналогичная задача для грузовых перевозок, является многовариантной. Исходными данными для обоснования оптимальной схемы пассажирских линий служат: дислокация и размер пассажирских потоков, характеристики участка водного пути и условий плавания по нему, наличие и характеристики пассажирского флота.

Система организации перевозок базируется на плановых значениях показателей перевозок и ее эффективность коррелируется с эффективностью планирования. Поэтому, при решении задач организации пассажирских перевозок первостепенное значение имеет прогнозирование размеров пассажирских потоков и их дислокация в течение навигационного периода.

Общее количество перевозимых пассажиров определяется рядом факторов и, прежде всего, численностью населения региона, на котором организовываются перевозки, и подвижностью населения. Подвижность населения представляет собой среднее число поездок, приходящихся в среднем на одного человека в год.

Процедура планирования пассажирских перевозок в общих чертах производится аналогично планированию перевозок грузов. Однако влияние на подвижность населения региона целого ряда факторов вносит свои коррективы, особенно в процедуру стратегического планирования. Основные из них следующие:

- динамика изменения численности населения в регионе;
- изменение материального и культурного уровня населения;
- развитие инфраструктуры отдыха и туризма;
- развитие производительных сил региона.

Стратегическому планированию должны предшествовать глубокие маркетинговые социально-экономические исследования, на основании результатов которых осуществляется прогнозирование размеров пассажиропотока.

Наиболее простыми способами прогнозирования размера пассажиропотока являются:

- упрощенный прогноз;
- метод средневзвешенного значения;
- метод скользящего среднего значения пассажиропотока.

Вышеуказанные способы прогнозирования различаются друг от друга по ориентации прогнозного значения на исследуемую выборку. Для примера рассмотрим динамику изменения пассажиропотока по годам, приведенную в таблице 10.1 и наглядно представленную на рисунке 10.1.

Таблица 10.1 – Динамика перевозок пассажиров речным транспортом Беларуси

Год	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Размер перевозок, тыс. чел.	102,3	111,3	121,8	135,6	138,8	140,1

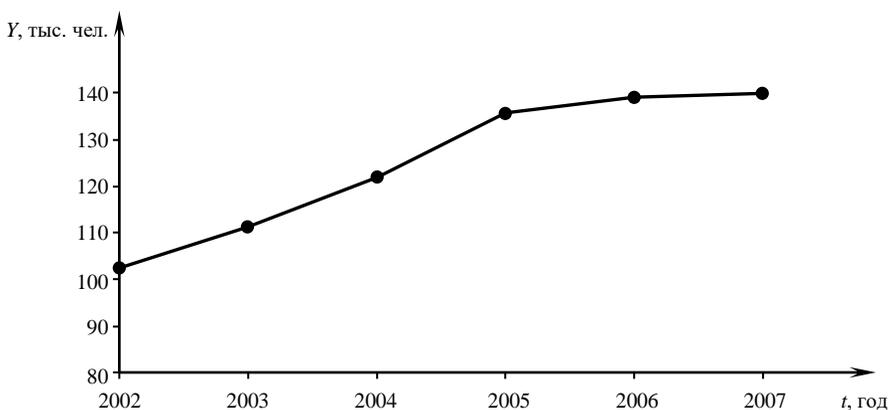


Рисунок 10.1 – Динамика перевозок пассажиров РТУП «Белорусское речное пароходство»

Как видно из рисунка 10.1, наблюдается устойчивый рост исследуемого показателя, однако до 2005 года тенденция роста была выражена ярче. При прогнозировании размера пассажиропотока на 2008 год важно установить причину такого изменения и определить степень ее влияния в будущем, что и является целью маркетингового исследования, о котором было сказано ранее.

Суть упрощенного или «наивного» прогноза заключается в принятии прогнозного значения размера пассажиропотока на уровне последнего исследуемого периода, то есть, прогнозное значение размера перевозок на 2008 год составляет 140,1 тыс. человек. Данный способ прогнозирования эффективно применять в случае, когда в исследуемом процессе наблюдаются или планируются изменения, которые неизвестно как скажутся на показателе и приведут либо к его росту, либо к снижению.

Метод средневзвешенного значения базируется на приоритете отдельных значений исследуемого показателя. С целью учета этого приоритета между данными исследуемой выборки распределяются коэффициенты значимости α_i , причем

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \quad (10.1)$$

где n – объем выборки.

Прогнозное значение показателя, в этом случае

$$Y_{2008} = \sum_{i=2002}^{2007} Y_i \alpha_i, \quad (10.2)$$

где Y_i – размер перевозок пассажиров за i -й год.

Коэффициенты значимости могут приниматься из равномерного их распределения за рассматриваемый период, либо исходя из значимости на прогноз отдельных периодов, то есть неравномерно (таблица 10.2).

Таблица 10.2 – Распределение коэффициентов

Год		2002	2003	2004	2005	2006	2007
Размер перевозок, тыс. чел.		102,3	111,3	121,8	135,6	138,8	140,1
Коэффициенты α_i	Вариант I	0,0475	0,0950	0,1425	0,1900	0,2375	0,2850
	Вариант II	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,1000	0,1000

Прогнозное значение:

– при распределении приоритета по варианту I:

$$Y_{2008}^I = 0,0475 \cdot 102,3 + 0,095 \cdot 111,3 + 0,1425 \cdot 121,8 + 0,19 \cdot 135,6 + 0,2375 \cdot 138,8 + 0,285 \cdot 140,1 = 131,45;$$

– по варианту II:

$$Y_{2008}^{II} = 0,2 \cdot 102,3 + 0,2 \cdot 111,3 + 0,2 \cdot 121,8 + 0,2 \cdot 135,6 + 0,2 \cdot 138,8 + 0,2 \cdot 140,1 = 122,09.$$

В первом случае, когда коэффициенты α_i распределены равномерно, получено прогнозное значение на основании повышенного влияния значений показателя, наблюдаемых в последние годы, причем наивысший приоритет отдан последнему значению показателя. Во втором случае высший приоритет был распределен на период с 2002 по 2005 год, когда наблюдалась тенденция более быстрого роста исследуемого показателя, но значения его были невелики, что и сказалось на полученном значении. Результаты выполненных прогнозов наглядно представлены на рисунке 10.2.

Главным недостатком рассмотренных способов прогнозирования является отсутствие учета тенденций в динамике показателя, что и определяет область их применения – прогнозирование процессов, мало зависящих от времени, или прогнозирование на период, когда факторы, определяющие динамику не действуют, то есть на небольшой период (неделя, месяц, год).

При изучении графика, представленного на рисунке 10.1, разумно предположить, что при отсутствии каких-либо экстремальных влияний на процесс, прогнозное значение должно расти, особенно в динамике нескольких лет.

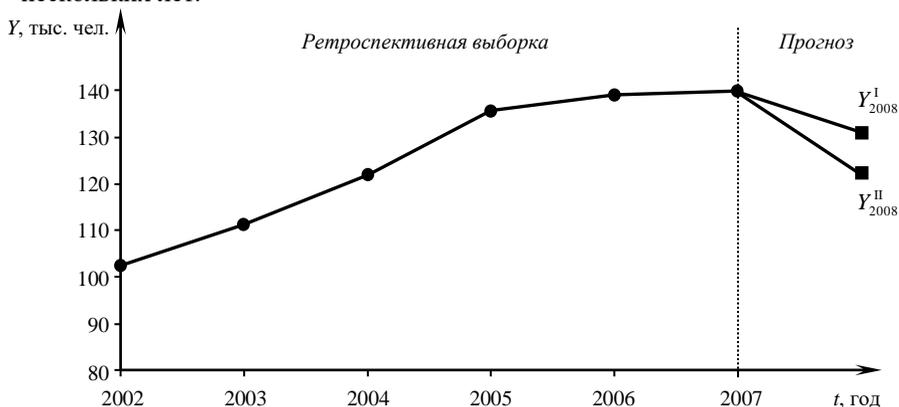


Рисунок 10.2 – Результаты прогнозирования размеров пассажирских перевозок по методу средневзвешенного значения

Метод скользящего среднего основывается на принятии за первое прогнозное значение показателя его среднего значения за последние годы, и обновлении прогноза на последующие периоды, рассчитанные уже на основании получаемых прогнозных значений.

Так, например, устанавливается среднее значение показателя за последние три года (устоявшаяся динамика), которое является прогнозом на 2008 год:

$$\overline{Y}_{2005-2007} = Y_{2008} = \frac{135,6 + 138,8 + 140,1}{3} = 138,2,$$

а значения прогнозов на дальнейший период обновляются по мере поступления новых данных, то есть

$$Y_{2009} = \frac{138,8 + 140,1 + 138,2}{3} = 139,0;$$

$$Y_{2010} = \frac{140,1 + 138,2 + 139,0}{3} = 139,1.$$

Как видно, данный способ несколько снижает недостаток вышерассмотренных способов: учитывает намеченную тенденцию в прогнозируемый период с 2008 по 2010 год (рисунок 10.3).

Когда же прогнозируемый процесс имеет явно выраженную зависимость (как в рассматриваемом примере), наилучшей формой прогнозирования является выявление тенденции изменения показателя.

Суть этого метода заключается в определении вида и параметров уравнения функции $Y = f(t)$ с динамикой, характерной для прогнозируемого процесса.

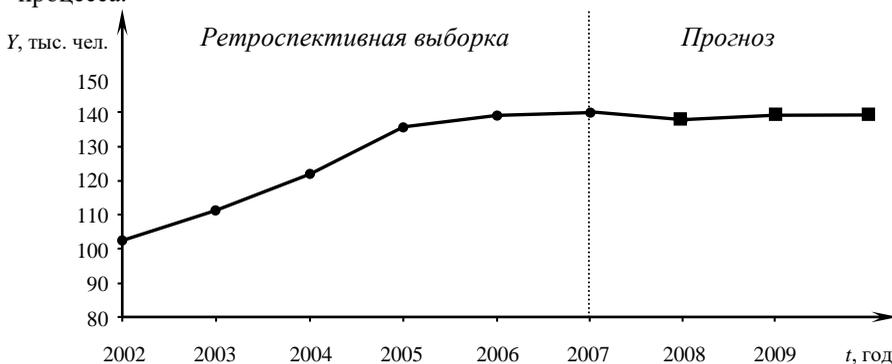


Рисунок 10.3 – Прогнозирование размера перевозок пассажиров с применением метода скользящего среднего значения

Если исследуемая тенденция имеет линейную зависимость или близкую к ней, то параметры линейной модели

$$Y = a + bt$$

могут быть найдены из системы уравнений

$$\begin{cases} na + \left(\sum_{i=1}^n t_i\right)b = \sum_{i=1}^n Y_i, \\ \left(\sum_{i=1}^n t_i\right)a + \left(\sum_{i=1}^n t_i^2\right)b = \sum_{i=1}^n Y_i t_i. \end{cases} \quad (10.3)$$

Для рассматриваемого примера уравнение линейной регрессии имеет вид

$$Y = -16215 + 8,1514t,$$

а прогнозное значение исследуемого показателя на 2008 год –

$$Y(2008) = -16215 + 8,1514 \cdot 2008 = 153,0 \text{ тыс. чел.};$$

на 2010 год –

$$Y(2010) = -16215 + 8,1514 \cdot 2010 = 169,3 \text{ тыс. чел.}$$

Графически принцип данного способа прогнозирования представлен на рисунке 10.4.

На основании прогнозных значений размеров пассажиропотока строится их плановая дислокация, являющаяся основой системы организации пассажирских перевозок.

На рисунке 10.5 приведена дислокация пассажирских потоков на участке водного пути (А–Д). Все пассажирские потоки, представленные на дислокации, могут быть освоены одной транзитной пассажирской линией А–Д–А. При этом пассажирская линия должна быть организована исходя из характеристик (частота отправления, интервал отправления, потребность во флоте и др.), соответствующих максимальному размеру пассажиропотока, то есть размеру пассажиропотока на участке Г–Д. Естественно, что на остальных участках (особенно на участке Б–В) пассажироместимость судов окажется использованной далеко не полностью, и, как следствие, показатели использования флота будут занижены.

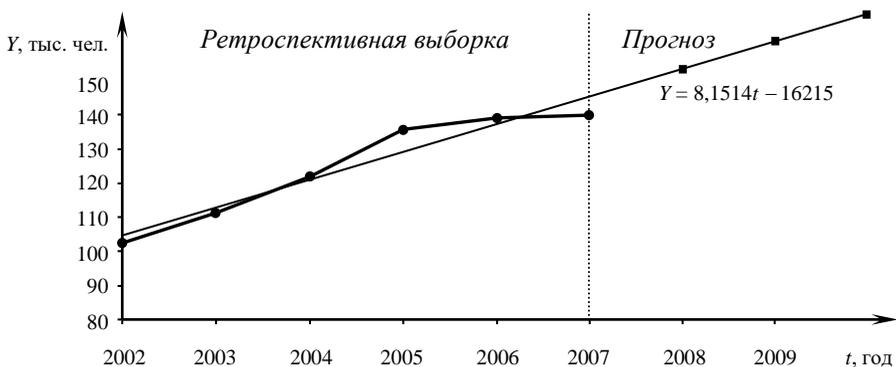


Рисунок 10.4 – Прогнозирование размера перевозок пассажиров

Можно освоить указанные пассажиропотоки и другим способом, например, организовав четыре местные линии: А–Б–А, Б–В–Б, В–Г–В и Г–Д–Г. В данном случае потребность флота на каждом участке (на каждой линии) водного пути будет строго соответствовать пассажиропотоку, а использование флота будет характеризоваться значительной эффективностью. Однако,

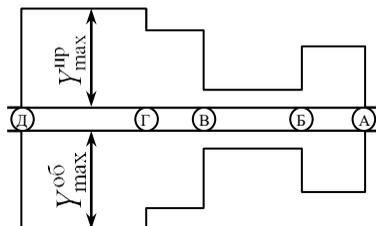


Рисунок 10.5 – Дислокация пассажиропотоков

для транзитных пассажиров, с целью их перевозки будет характерно выполнение нескольких пересадок (перемещающихся из пункта А в Д – 3 пересадки, из А в Г – 2 пересадки, из Г в Б – 1 пересадка и т. д). Такая организация перевозок, несмотря на высокую эффективность использования на них флота, скорее всего не будет выбрана пассажиром, который, возможно, предпочтет осуществить переезд другим видом транспорта с целью осуществления беспересадочного проезда.

Очевидно, что оптимальный вариант схемы пассажирских линий должен представлять собой разумное сочетание транзитных и местных линий, при котором обеспечиваются компромисс между удобствами пассажиров и эффективностью работы пассажирского флота.

Диаграмма пассажирских потоков в пригородном сообщении обычно имеет вид многоступенчатой фигуры (рисунок 10.6). Чтобы эффективно и с максимальными удобствами для пассажиров освоить пригородные

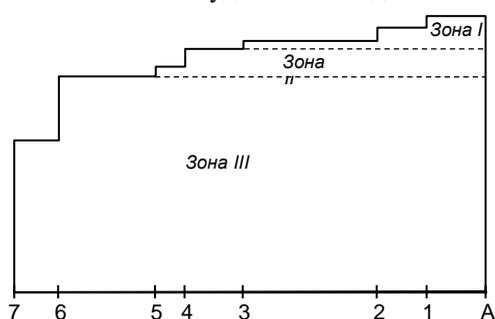


Рисунок 10.6 – Дислокация пассажирских потоков в пригородном сообщении

перевозки их разбивают на зоны и для каждой зоны организуют

пригородную линию.

Например, для дислокации, представленной на рисунке 8.2, в первую зону можно

включить остановочные пункты 1 и 2, во вторую – 3, 4 и 5, в третью – 6 и 7. При

такой организации перевозок наблюдается следующая тенденция:

пассажиры следуют в

пункты третьей зоны без остановок в пунктах первой и второй зон, а во вторую – без остановок в первой зоне. Такая форма организации перевозок удобна для пассажиров и выгодна для судоходной компании, так как наиболее полно используется пассажироместимость судов на линиях в каждой зоне.

Еще одной из особенностей организации перевозок пассажиров водным транспортом является то, что пассажирский флот всегда работает по расписанию, что также является элементом сервиса и обеспечения конкурентоспособности: пассажир скорее всего не останется ожидать пассажирское судно неопределенное время предпочтя другой вид транспорта. Организация работы флота по расписанию на транзитных и местных пассажирских линиях определяет прибытие и отправление флота из пунктов в строго фиксированные промежутки времени. Принципы разработки расписания движения пассажирского флота полностью

идентичны принципам разработки расписания грузового флота, приведенным в подразд. 3.5.

Пассажирский транспорт выполняет функции, относящиеся к сфере обслуживания, что во многом определяет специфику деятельности работников речных вокзалов, агентств, экипажей судов, выраженной в повышении общей культуры обслуживания пассажиров.

Вопросы обслуживания пассажиров на судах, вокзалах и пристанях рассматриваются отдельно в силу их специфики.

Обслуживание пассажиров на судах включает в себя организацию их посадки и высадки, размещение пассажиров, организацию питания, медицинского и культурно-бытового обслуживания. Естественно, что детали организации обслуживания пассажиров на судах определяются видом пассажирской линии, типом и видом флота, используемого для перевозок и спецификой каждой конкретной перевозки.

Обслуживание пассажиров на вокзалах включает в себя комплекс мероприятий, направленных на предоставление наибольшего количества услуг пассажирам, пользующихся речным транспортом: предоставления широкой номенклатуры информации (о движении транспортных единиц, работе вокзальных служб, работе городских служб и прочей справочной информации), организация продажи билетов, прием и хранение ручного багажа, культурно-бытовое и медицинское обслуживание, создание специальных условий для определенных категорий пассажиров (например, пассажиров с детьми, инвалидов, делегаций), предоставление широкого комплекса платных услуг (организация питания, парикмахерских, ремонтных услуг, продажа сувениров, газет, журналов, обеспечение почтовых услуг и пр.).

С целью обеспечения той или иной заявки пассажира на обслуживание требуется достаточное количество обслуживающих устройств. Оптимальное количество обслуживающих устройств на вокзале может быть обосновано посредством математического аппарата теории массового обслуживания.

Особенности развития пассажирских перевозок на водном транспорте, наблюдаемые в настоящее время, определяют основное влияние организации привлечения пассажиров на проблему обеспечения их сервиса. Важнейшие составляющие такой организации – развитие рекламной деятельности, работа со сторонними организациями по повышению спроса на перевозки и услуги пассажирского транспорта.

10.2 Особенности организации перевозок грузов в крупнотоннажных судах и большегрузных составах

Одним из важнейших путей повышения эффективности работы водного транспорта является эффективное использование большегрузных составов и расширение сферы их применения. Внедрение в практику работы водного транспорта эксплуатации крупнотоннажных судов и большегрузных составов позволяет значительно увеличить производительность труда плавсостава и общую эффективность использования транспортных средств.

К крупнотоннажным самоходным судам относятся суда, грузоподъемность которых выше средней по пароходству, а на боковых и малых реках – выше средней по данному региону, а также грузовые самоходные суда, работающие с баржами-приставками независимо от их грузоподъемности.

Поиск путей повышения эффективности работы водного транспорта приводит к увеличению показателя нагрузки. Анализ показателей работы флота дает возможность установить, что нагрузка на 1 кВт мощности грузовых теплоходов в 3–5 раз меньше, чем у толкаемых составов. Это

определяет целесообразность более активного использования грузовых теплоходов для вождения серийных барж-приставок.

В настоящее время грузовые теплоходы и баржи-приставки работают по единственной форме тягового обслуживания – с закреплением теплохода на весь период эксплуатации, что объясняется, прежде всего, ограниченным количеством барж-приставок.

В Республике Беларусь на балансе РТУП «Белорусское речное пароходство» находится состав класса «О-пр», состоящий из грузового теплохода проекта 95065 и баржи-приставки проекта 775 Д с характеристиками, приведенными в таблицах 10.3 и 10.4.

Таблица 10.3 – Технические характеристики теплохода проекта 95065

Наименование характеристики		Значение (тип)
Автор проекта		РНУП «Белсудопроект», 2002 год
Год и место постройки головного судна		РУП «Гомельский судостроительный-судоремонтный завод»
Тип		Однопалубный двухвальный грузовой теплоход-площадка с кормовым расположением машинного отделения и надстройки
Класс Речного Регистра		«О-пр»
Назначение		Перевозка генеральных, насыпных контейнерных грузов
Габаритные размеры, м	длина	73,80
	ширина	10,20
	высота	12,30
Осадка, м	в груженом состоянии	1,87
	в порожнем состоянии	0,79
Регистровая грузоподъемность, т		725
Водоизмещение в порожнем состоянии, т		419
Мощность двигателя, кВт		326
Скорость движения, км/ч	в порожнем состоянии	18,0
	в груженом состоянии	15,5
	в груженом состоянии в составе	12,2
Автономность плавания, сут		20
Экипаж, чел.		7
Размеры грузового бункера, м	длина	48,80
	ширина	7,30
	высота	2,60
Размеры крышки бункера, м	длина	6,00
	ширина	7,50
	высота	1,10

Таблица 10.4 – Технические характеристики баржи-приставки проекта 775 Д

Наименование характеристики		Значение (тип)
Автор проекта		РНУП «Белсудопроект», 2002 год
Год и место постройки головного судна		РУП «Гомельский

	судостроительный-судоремонтный завод»
Тип	Баржа-площадка с грузовым бункером

Окончание таблицы 10.4

Наименование характеристики		Значение (тип)
Класс Речного Регистра		«О-пр»
Назначение		Несамоходная баржа-площадка, эксплуатируемая без судового экипажа методом толкания или буксировки
Габаритные размеры, м	длина	73,68
	ширина	10,18
	высота	5,05
Осадка, м	в груженом состоянии	1,87
	в порожнем состоянии	0,52
Регистровая грузоподъемность, т		900
Размеры грузового бункера, м	длина	61,25
	ширина	7,30
	высота	1,90

Данный состав использовался для перевозок калийных удобрений из порта Мозырь в порт Николаев (Украина), а его строительство было осуществлено как одно из мероприятий Программы развития водного транспорта Республики Беларусь [14], с основной областью использования для экспортно-импортных перевозок по днепровскому водному пути разряда «О» с возможностью выхода в прибрежные воды Черного моря и в порты Дунайского бассейна. Нагрузка на единицу мощности такого состава может составлять до 5 т/кВт.

В практике эксплуатации водного транспорта значительное место занимают перевозки грузов в большегрузных составах. К большегрузным составам относятся составы, у которых нагрузка на единицу мощности свыше 6 т/кВт. Все большегрузные составы можно разделить на три группы: баржевые, секционные и полусекционные (рисунок 10.7).

Баржевые толкаемые составы состоят из однотипных или разнотипных барж, имеют различные формы счала, учалка судов в составе может производиться как автосцепными устройствами, так и тросами. К основному достоинству таких большегрузных составов относительно секционных и полусекционных можно отнести значительную номенклатуру и количество барж, и, как следствие, возможность применения обоих способов тягового обслуживания (подразд. 3.6); к недостаткам – сложность осуществления тяговых расчетов, а следовательно и технического нормирования; сложность учалки разнотипных барж и как следствие сложность управляемости такого состава.

Секционными называются составы из несамоходных судов (секций), имеющих одну или обе оконечности в виде вертикальных транцев, доходящих до днища. Учалка секций в составе производится с помощью сцепных кильваторных и бортовых устройств. Сопротивление воды движению секционного состава по сравнению с баржевым примерно на 10–25 процентов ниже, а скорость, соответственно, при использовании одного и того же толкача на 6–15 процентов выше. При этом такие составы лучше управляются, дешевле в строительстве и эксплуатации, а при одинаковых габаритах с баржевыми составами секционные имеют большую грузоподъемность, в среднем на 10–15 процентов.

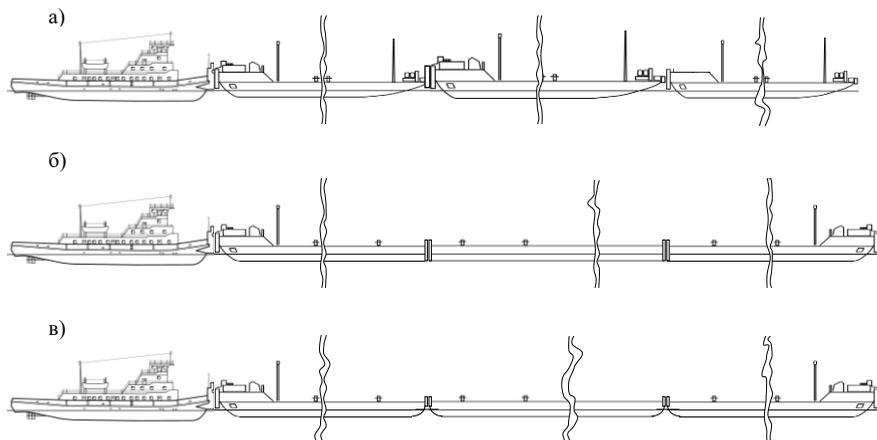


Рисунок 10.7 – Принципиальные схемы большегрузных составов:
а – баржевые; б – секционные; в – полусекционные

Наряду с преимуществами эксплуатация секционных составов имеет и недостатки, основные из которых: не для всех секционных составов возможна взаимозаменяемость носовой и кормовой секций; вождение отдельных секций приводит к значительным потерям энергии вследствие высокого сопротивления воды движению такой секции; количественная ограниченность секций не позволяет активно применять форму тягового обслуживания с закреплением тяги на отдельные рейсы.

С целью частичного устранения недостатков вышеописанных видов составов при проектировании несамоходных судов стали использовать своеобразный компромисс – *полусекции*. В отличие от секционных полусекционные составы формируются из отдельных универсальных полусекций. Носовые и кормовые обводы выполняются в виде транцев, подрезанных от днища на определенную высоту. Полусекции имеют большее сопротивление воды движению по сравнению с баржами, но

гораздо меньше, чем у секций. Как результат – полусекции могут перемещаться в одиночку без дополнительных потерь скорости буксира-толкача, а сопротивление полусекционного состава на 15–20 процентов ниже, чем для баржевого с аналогичным весом.

Для эффективного использования большегрузных составов необходимо создавать соответствующие условия работы: технические, эксплуатационные и экономические.

К техническим условиям относятся соотношения габаритных размеров большегрузных составов к размерам судового хода и гидротехнических сооружений, конструкция буксиров-толкачей и барж, их оборудование, а также техническое оснащение береговых пунктов в начальных и конечных пунктах линии.

К эксплуатационным условиям относятся масса грузов, запланированная для перевозки в большегрузном составе, расстояние перевозки, оптимальная загрузка барж в составах, их управляемость, пропускная способность пунктов грузовой переработки, схемы и формы организации их работы, мощность буксиров-толкачей, сопротивление воды движению состава, скорость движения состава, система обслуживания состава в конечном и начальном пункте линии.

К экономическим условиям эффективной работы большегрузных составов относятся строительная и балансовая стоимость судов, эксплуатационные затраты на содержание флота, удельный расход топлива и смазочных материалов, численность экипажа и производительность труда плавсостава.

Очевидно, что с увеличением грузоподъемности состава при неизменной мощности толкача улучшаются эксплуатационно-экономические показатели работы флота (разд. 6). Однако, с другой стороны, рост грузоподъемности состава неизбежно сопровождается увеличением его габаритных размеров и не может быть беспредельным. Основными ограничивающими условиями при определении оптимальных размеров большегрузных составов являются габариты судового хода или судопропускных сооружений.

Эффективность работы большегрузных составов пропорциональна сокращению валового времени нахождения их в пунктах обработки. Поскольку прибывающий под обработку состав имеет значительную грузоподъемность, а баржи такого состава эксплуатируются без команд, следует предусматривать обработку барж на нескольких причалах одновременно с высокими нормами перегрузочных работ, а для обслуживания судов создавать специальные береговые бригады и выделять рейдово-маневровые суда.

При выборе схемы и формы организации работы большегрузных составов предпочтение, как правило, отдают маршрутной схеме организации движения с закреплением тяги на отдельные рейсы.

10.3 Особенности организации перевозок леса в плотях

Плот представляет собой плавучее средство из соединенных между собой бревен, труб и других предметов, предназначенное для их транспортировки по водным путям. Подавляющее большинство плотовых перевозок составляют перевозки леса. Основная цель организации таких перевозок (высвобождение подвижного состава для перевозок других грузов. Однако плотовые перевозки имеют ряд недостатков, которые, несмотря на низкую себестоимость, приводят к снижению размеров таких перевозок.

В Республике Беларусь, в силу специфики региона, относительно низких объемов производства леса, вследствие отсутствия дефицита в транспортных средствах водного транспорта, плотовые перевозки не организовываются. Такое положение сохраняется и для большинства судоходных компаний Российской Федерации за исключением предприятий, осуществляющих судоходство на реках Сибири, где, несмотря на общие тенденции сокращения размеров плотовых перевозок, их доля в общем грузообороте еще достаточно велика.

Значительная доля операций по доставке леса от мест его заготовки до потребителей выполняется лесозаготовительными организациями. Речной транспорт принимает на себя только буксировку сформированных плотов по судоходным путям. Транспортировка древесины в плотях вниз по течению является более экономичным способом ее доставки по сравнению с другими видами, что определяет широту ее использования, несмотря на следующие основные недостатки:

- низкие скорости движения плотовых составов, особенно на водохранилищах и озерах;
- значительная доля аварийности плотов при буксировке и связанные с ней потери древесины;
- снижение качества и порча древесины из-за длительного пребывания в воде;
- значительные потери времени на формирование плота и отдельных сплоченных единиц;
- значительные потери времени на проводку плотов через шлюзованные системы, однопутные и прочие затруднительные участки;
- негативное влияние остатков древесины в водоеме на экосистему региона;
- негативное влияние на безопасность судоходства по водным путям и рост затрат на обеспечение безопасности судоходства.

Плот как плавучее сооружение состоит из сплоченных единиц, представляющих из себя группу бревен, располагающихся в определенном

порядке и скрепленных вместе при помощи такелажа. По форме сплоточные единицы разделяют на плоские, цилиндрические и сигарообразные. К плоским относятся сплоточные единицы, имеющие в поперечном сечении прямоугольную форму, к цилиндрическим – с эллиптическим поперечным сечением, к сигарообразным – с эллиптическим поперечным сечением и продольным сечением в форме, представленной на рисунке 10.8.

Наиболее распространенной формой сплоточных единиц является цилиндрическая форма, а вождение плотов из сигарообразных сплоточных единиц практикуется, в основном, на озерах и водохранилищах.

К сплоточной единице предъявляются определенные требования: плавучесть, прочность, простота формирования, возможность осуществления работ по формированию сплоточных единиц в воде и на берегу и некоторые другие.

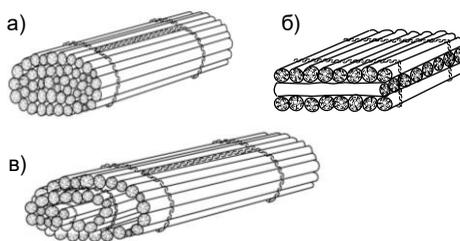


Рисунок 10.8 – Схематическое изображение форм сплоточных единиц:
а – цилиндрическая; б – плоская; в – сигарообразная

Одним из важных недостатков плотовых перевозок являются значительные затраты на формирование сплоточных единиц. В настоящее время в регионах, где данный вид перевозок распространен, данные работы автоматизированы. Технологический процесс их выполнения зависит от периода года. Летняя *сплотка* (процесс формирования сплоточных единиц) осуществляется на специальных рейдах. Рейды оборудуются соответствующими механизмами и устройствами для производства работ по сортировке древесины и формированию ее в сплоточные единицы (рисунок 10.9).

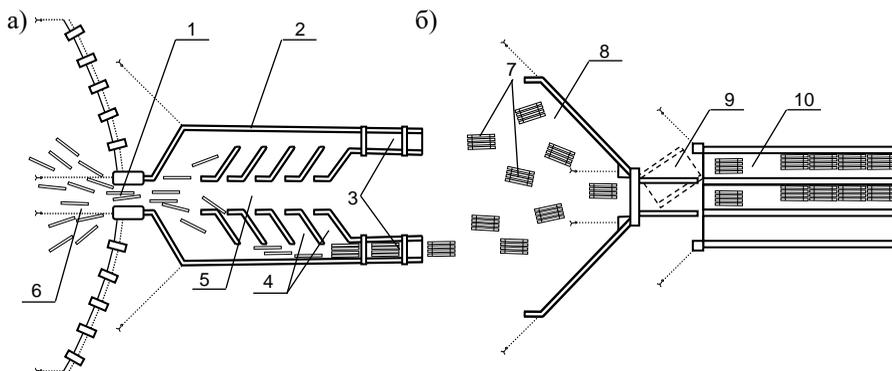


Рисунок 10.9 – Схемы рейдов автоматизированного формирования плотов:
 а – сортировочная сетка веерного типа ; б – сортировочная сетка коридорного типа

Процесс сплотки можно охарактеризовать следующим образом. Древесина, перемещаемая по воде из специальной области рейда, называемой *запанью* б, направляется на сортировочную сетку 2 через специальные ворота 1. Проходя через главный сортировочный коридор 5, древесина распределяется на группы и направляется в соответствующие, так называемые, дворики 4. По мере наполнения двориков древесинной лесоматериалы подаются в сплоточную машину 3, где окончательно формируются сплоточные единицы.

Принцип работы сплоточной машины (рисунок 10.10) состоит в следующем. Отсортированные бревна из двориков сортировочной сетки направляются в сплоточный коридор 3 машины, ограниченный понтонами 4 с уравнивателями. Машина имеет три моста 1, 2 и 7. Два из них 1 и 2 жестко скреплены понтонами, один 7 свободно перемещается в границах сплоточного коридора. Каждый мост снабжен вертикальными стойками 5 и 6.

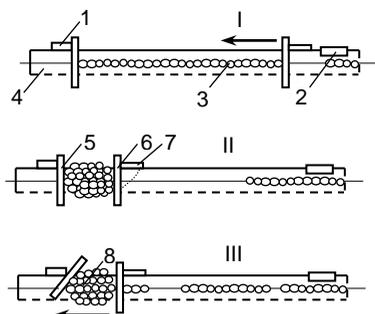


Рисунок 10.10 – Схема сплоточной машины

По мере заполнения сплоточного коридора древесиной стойка 6, отведенная мостом 2 в переднюю часть коридора, опускается в рабочее положение, и мост начинает двигаться вдоль сплоточного коридора, сжимая бревна в пучок (положение I и II). После обвязки пучка 8 стойка поднимается, пропуская готовую сплоточную единицу (положение III) к месту формирования плота. Во время выполнения последней операции сплоточный коридор заполняется следующей порцией древесины, подвижной мост с поднятой стойкой 6 возвращается в исходное положение, и цикл формирования пучка повторяется.

Технология формирования плотов из сформированных сплоточных единиц определяется их типом, но основные работы выполняются, как правило, следующим образом. Сплоточные единицы 7 (см. рисунок 10.9) самосплавом поступают в формирующую сетку, которая представляет собой наплавное сооружение из бревен и состоит из входного приемника 8, сортировочной рамы 9 и двориков 10. В двориках собирают отдельные ленты и секции, а затем из готовых лент и секций формируют плот.

Число секций, из которых формируются плоты зависит от заданных их размеров. Средняя длина плотов, буксируемых по внутренним водным путям Российской Федерации, составляет 350 м, ширина – 60 м.

По длине секции соединяют друг с другом на расстоянии 2–4 м с целью придания плоту требуемой гибкости. Если по правилам буксировки плот требуется оснастить тормозным устройством и такелажем (волокушами, якорями, лотами), то к хвостовой части плота подводят специально оборудованные понтоны, на которых размещается такелаж. Данные понтоны после окончания рейса возвращаются в пункт отправления.

С целью повышения управляемости плота в процессе его транспортировки через затруднительные участки в помощь основному буксировщику дается вспомогательный, как правило меньшей мощности, для повышения маневренности хвостовой части плота.

В качестве вспомогательных средств управления плотом используются лоты и цепи, которые при необходимости опускают на дно реки, увеличивая сопротивление движению флота с целью создания дополнительного изгибающего момента. Данный способ оказывается очень эффективным при движении плота по криволинейным участкам.

Буксировка плотов осуществляется на основании навигационного, технических и оперативных планов. В разделах данных планов, посвященных тяговому обслуживанию судовых и плотовых потоков, устанавливаются соответствующие характеристики линий и нормы, схемы расстановки флота по тяговым плечам, времена отправления и прибытия плотов.

Плотовые потоки характеризуются теми же параметрами, что и судовые потоки, а для организации плотовых перевозок организуются плотовые грузовые линии. При планировании и организации перевозочного процесса применяются два вида таких линий: специализированные и комбинированные. На специализированных линиях плотовые тяговые средства работают по схеме постоянного закрепления тяги без обратной загрузки, а на комбинированных – в обратном направлении буксировщик также осуществляет тяговое обслуживание.

Буксируют плоты по различным участкам и в разные периоды навигации, что накладывает специфику на организацию перевозочного процесса. Так, например, при буксировке плотов по озерам и водохранилищам, вследствие ограничения скоростей течения воды требуется либо закреплять за плотом более мощный буксировщик, либо снижать массу плота; в весенний, полноводный период навигации плоты имеют повышенные массы, что повышает эффективность таких перевозок, но при наличии на внутренних водных путях сильных свальных течений ухудшается управляемость плота, что требует организовывать дополнительные мероприятия, например, задействовать дополнительные средства управления плотом, либо дополнительный буксирный флот. В меженный период навигации уровни воды принимают наименьшие

значения, появляются дополнительные перекаты, что требует ограничивать размеры плота.

Основными вопросами при организации перевозок в плотах являются подбор типа и мощности буксировщика и установление технических норм скорости буксировки плотов. Данные задачи выступают в качестве элементов решения общей задачи оптимального тягового обслуживания несамоходного флота и плотов.

Тяговую мощность, в первом приближении, можно установить из условий обеспечения управляемости плота при заданной скорости его движения

$$N_{\tau} = \frac{r_{\text{пл}} v_{\text{пл}}^3}{\eta_0}, \quad (10.8)$$

где $r_{\text{пл}}$ – приведенное сопротивление воды движению плота, $\text{кНс}^2/\text{м}^2$;

$v_{\text{пл}}$ – скорость движения плота, м/с ;

η_0 – пропульсивный КПД.

Техническая скорость движения плота, может быть установлена по формуле аналогичной формуле (5.6), применительно к движению вниз по течению реки:

$$U_{\text{пл}} = v_{\text{пл}} + w, \quad (10.9)$$

где v – расчетная скорость судна (состава), км/сутки ;

w – приращения скорости движения плота, км/сутки .

Скорость плота относительно воды

$$v_{\text{пл}} = \sqrt{\frac{F_{\text{шв}}}{k_{\text{дв}} r_{\text{пл}}}}, \quad (10.10)$$

где $F_{\text{шв}}$ – сила тяги буксировщика на швартовых, кН ;

$k_{\text{дв}}$ – коэффициент влияния на сопротивление движению плота воды, отбрасываемой движителями буксировщика.

При организации проводки плотов требуется учитывать специфику пропуска плотов через судоходные шлюзы и лимитирующие участки. Вследствие ограничения размеров камеры шлюза плоты приходится расчаливать. Иногда, когда буксировку плота ограничивают габаритные размеры пути, плот расчаливают на несколько меньших по размеру и осуществляют его перемещение. Данное обстоятельство требуется учитывать при формировании плота, применяя такие его конструкции, которые бы позволили сделать это в пути с наименьшими затратами времени и средств.

Многообразие условий, оказывающих влияние на эффективность плотовых перевозок, также делает задачу их организации многовариантной. Для ее решения применяются математические модели, общая постановка которых схожа с моделями задачи оптимального тягового обслуживания несамходного флота.

10.4 Особенности организации перевозок нефтегрузов

Нефть и нефтегрузы являются специфическими грузами, для перевозки которых необходимо соблюдение условий, определяющих специфику используемых типов подвижного состава, перегрузочной техники, и, как следствие, технологии перевозочного процесса. Нефть и нефтегрузы в

составе перевозок водным транспортом занимают весомую долю, но требуют при этом использования либо специализированного подвижного состава (нефтеналивного флота), либо специальных контейнеров (контейнеров-цистерн). В Республике Беларусь, в настоящее время, отсутствует нефтеналивной флот, поэтому перевозку нефтепродуктов могут организовывать только в затаренном виде, либо в контейнерах-цистернах.

Все нефтегрузы, перевозимые водным транспортом, в зависимости от их свойств можно разделить на пять групп: сырая нефть, темные нефтепродукты, светлые нефтепродукты, бензины и масла.

Сырая нефть – это нефть в естественном виде. Она представляет собой маслянистую жидкость от светлокорицевого до черного цвета с характерным запахом, легче воды и не растворяется в ней. По своему химическому составу нефть – сложная смесь различных углеводородов с примесями азотистых, кислородных и сернистых соединений.

Сырая нефть в своем составе содержит парафин, который может кристаллизироваться и понижать общую подвижность нефти. Данное свойство негативно сказывается на процессе транспортировки, так как скопление кристаллов парафина, смолистых и асфальтовых веществ на стенках трубопроводов судов и береговых погрузочно-разгрузочных машин способствует образованию остатков нефтегрузов, которые не могут быть откачены посредством насосных установок.

Соединения серы и выделяющийся из них сероводород, наряду с кислотами, присутствующими в составе сырой нефти, способствует коррозии корпуса судов, что особенно опасно при попадании остатков груза в подпалубное пространство.

В промышленности сырая нефть непосредственно не применяется, а используется как сырье, куда и может доставляться средствами водного транспорта.

В состав темных нефтепродуктов входят мазуты и моторное топливо.

Мазут является остаточным продуктом переработки сырой нефти и применяется, как правило, в виде топлива паровых котлов. Мазут при определенной температуре и длительном хранении теряет подвижность, что следует учитывать при организации процесса загрузки и разгрузки флота, так, например, с целью ускорения выгрузки мазута осуществляют его подогрев.

По своему составу моторное топливо схоже с составом мазута, только обладает меньшей вязкостью. Данный вид топлива применяется для дизелей с малым числом оборотов, а также для калоризаторных дизелей. Размеры перевозок темных нефтепродуктов водным транспортом невелики, что определяется, в основном, ограниченностью применения данного вида груза в промышленности.

В группу светлых нефтепродуктов, перевозимых водным транспортом, входят дизельное топливо, керосин, топливо для реактивных двигателей и газотурбинное топливо.

Все светлые нефтепродукты представляют собой маслянистую бесцветную или желтоватого оттенка жидкость, они легче воды, что определяет такое свойство данного рода груза, как обводнение – разделение груза на слой воды и, соответственно, груза. При этом следует учитывать, что разделение груза на такие слои происходит только после длительного отстоя, иначе, мельчайшие капельки воды могут оставаться в грузе, что крайне негативно сказывается на его потребительском качестве. Данный факт является первостепенным из тех, которые определяют низкую долю перевозок светлых нефтепродуктов водным транспортом. Поэтому при организации перевозок светлых нефтепродуктов особое внимание уделяется вопросам исключения в процессе доставки обводнения груза и попадания в них посторонних примесей.

Из группы светлых нефтепродуктов отдельно выделяют бензины, используемые в качестве топлива для высокочастотных двигателей внутреннего сгорания. При организации перевозок бензинов особое внимание требуется уделять следующим их особенностям. Во-первых, бензины имеют незначительную вязкость и поэтому легко проникают через мельчайшие поры и неплотности в обшивке корпуса судна, во-вторых, бензины легко испаряются, а их пары оказывают вредное воздействие на живые организмы, в-третьих, пары бензина очень взрывоопасны.

Из всех нефтепродуктов, перевозимых водным транспортом, наиболее широкую номенклатуру имеют масла – от высоковязких консистентных смазок до жидких трансформаторных масел. К перевозке каждого сорта масла предъявляются свои требования, однако общими требованиями к их перевозке является обеспечение исключения их обводнения и загрязнения механическими примесями.

Нефтегрузы водным транспортом перевозят в грузовых самоходных и несамоходных судах. На особенности конструкции нефтеналивного флота оказывает влияние особенность производства погрузочно-разгрузочных работ (используя насосные установки), необходимость подогрева нефтепродуктов, выполнения противопожарных и санитарно-бытовых мероприятий, обеспечения необходимой остойчивости судна (на остойчивость судна негативное влияние оказывает наличие в корпусе свободно перемещаемой жидкости), исключение или предельное сокращение контакта перевозимого груза с окружающей средой и некоторые другие. Особенности конструкции судна определяют наличие специальных судовых систем: грузовой и зачистой, системы

подогрева нефтегруза, системы газоотвода и орошения, противопожарной системы.

Специфические особенности нефтегрузов и флота, в которых они перевозятся, оказывают влияние на все вопросы организации перевозочного процесса и оптимального планирования перевозками.

На стадии разработки плана освоения грузопотоков укрупнение отдельных партий осуществляется строго по сортам нефтепродуктов, что объясняется вариацией требований к перевозкам грузов разных сортов.

При разработке плана тягового обслуживания требуется учитывать, что за составами несамоходных судов, перевозящих нефтеналивные грузы, могут быть закреплены буксиры-толкачи, оснащенные специальными системами, позволяющими нейтрализовать пожароопасность и взрывоопасность груза. Данный факт, как правило, и определяет широкое применение способа постоянного закрепления тяги за тоннажем.

Несмотря на многочисленные специфические особенности перевозок нефтеналивных грузов, основные принципы их организации и организации движения нефтеналивного флота не отличаются от принципов организации перевозочного процесса сухогрузов.

10.5 Особенности организации работы флота в ледовых условиях

Под *физической навигацией* понимается календарный период времени, в течение которого водные пути свободны ото льда и, следовательно, по ним возможно обеспечивать судоходство. Продолжительность данного периода определяется природно-климатическими условиями района плавания, а также гидрологическим режимом водного пути и варьируется в широких пределах (таблица 10.5).

Таблица 10.5 – Длительность физической навигации по участкам водных путей, эксплуатируемых судоходными компаниями Беларуси, России, Украины и Дунайского региона

Судоходная компания	Регион судоходства	В сутках
		Средняя продолжительность физической навигации
ОАО «Пароходство «Волготанкер»	Внутренние водные пути	215
	Река-море	250
ОАО «Судоходная компания Волжское пароходство»	Внутренние водные пути	215
	Река-море	300
ОАО «Московское речное пароходство»		206
ОАО "Управляющая Камская судоходная компания"	Внутренние водные пути	200
ОАО "Бельское речное пароходство"		190
ОАО "Вятское речное пароходство"		185
ОАО "Кубанское речное пароходство"		275
Группа компаний "Азово-Донское пароходство"	Внутренние водные пути	230
	Река-море	270

Окончание таблицы 10.5

Судоходная компания	Регион судоходства	Средняя продолжительность физической навигации
ОАО "Северное речное пароходство"	Внутренние водные пути	174
ООО "Сухонская судоходная компания"		195
ОАО "Печорское речное пароходство"		146
ОАО "Западное пароходство"		230
ОАО "Иртышское пароходство"	Река-море	270
	Внутренние водные пути	177
ОАО "Западно-Сибирское речное пароходство"	Обь-Газовская губа	96
	Внутренние водные пути	179
ОАО «Восточно-Сибирское пароходство»	Енисейский залив	138
	Внутренние водные пути	180
ОАО "Ленское объединенное речное пароходство"	Озеро Байкал	185
	Внутренние водные пути	145
ОАО "Амурское речное пароходство"	Внутренние водные пути	173
	Река-море	250
РТУП «Белорусское речное пароходство»	Внутренние водные пути	219
АД «Болгарское речное пароходство»		224
Судоходное общество «ДДСГ-Карго ГмбХ» (Австрия)		226
АК «Дунавски Ллойд-Сисак» (Хорватия)		226
АК «Махарт Дуна-Карго» (Венгрия)		226
АК «НАВРОМ СА» (Румыния)		226
АК «Джурджу-НАВ СА» (Румыния)		229
АК НФР-Дробета СА» (Румыния)		228
СК «Словацкое дунайское пароходство»		226
АК «УДАСКО» (Украина)		224
АСК «УКРРЕЧФЛОТ» (Украина)		222
АК «Крайина» (Югославия)		224

Продолжительность физической навигации оказывает непосредственное влияние на систему организации перевозок и движения флота по бассейну (разд. 3, 5), поэтому продление навигационного периода является одним из мероприятий, повышающим эффективность работы водного транспорта. Продление навигации имеет целью увеличение эксплуатационного периода и установление гарантированных сроков работы водного транспорта.

Увеличение эксплуатационного периода вследствие работы флота в ледовых условиях приводит к более полному использованию по времени технических средств водного транспорта, в результате чего увеличиваются размеры перевозок и грузооборота, а при отсутствии дополнительных грузопотоков, которые не были освоены в навигационный период, –

сокращается потребность во флоте, увеличивается надежность доставки грузов в весенний и осенний периоды (наиболее неблагоприятные для судоходства с точки зрения обеспечения его безопасности) и выполнения плана перевозок в целом.

Установление гарантированных сроков начала и окончания навигации имеет важное значение для грузовладельцев и смежных видов транспорта, так как эти сроки определяют даты предъявления грузов к перевозке водным транспортом весной и переключения грузопотоков с водного на смежные виды транспорта осенью.

Значительный эффект от продления навигации достигается благодаря проводке судов во льдах в весенний период к устьям боковых рек, на которых паводок наступает до вскрытия магистральных водных путей. На многих боковых реках, в особенности протекающих по степным районам, весенний паводок очень непродолжителен, в отдельные годы составляет лишь 12–15 суток. Если перед началом паводка не сосредоточить флот у устья такой боковой реки, то завоз грузов в ее пункты может быть сорван.

Все большее распространение получают зимнее слипование и докование судов, что также можно рассматривать как своеобразное продление эксплуатационного периода, так как отремонтированные в зимний период суда в навигацию используют по прямому назначению большую долю времени.

Продление навигации также оказывает влияние на логистический эффект перевозок грузов в регионе. Вследствие использования флота на перевозках в ледовых условиях снижаются затраты на хранение межнавигационного запаса грузов. К тому же расходы, связанные с организацией перевозок в продленный период навигации несет, в основном, водный транспорт. К таким расходам относятся расходы, связанные с приобретением и эксплуатацией физических средств продления навигации (ледоколов, ледокольных насадок и прочих), эксплуатацией флота и других объектов материально-технической базы водного транспорта, возникающие в связи с продлением навигации, например, вследствие более продолжительной эксплуатации навигационной обстановки, средств поддержания судоходных глубин, судоремонтных предприятий и т. д.

Обеспечение продления навигации на водных путях обеспечивается специальными техническими средствами, предназначенными для разрушения льда и создания судоходного канала, образования и поддержания судоходных каналов у причалов и слипов в акваториях портов и затонов, разрушения льда в местах зимовки судов, создания судоходных трасс на переправах.

В практике продления навигации распространение получили три способа: термический, физико-механический и механический.

Термический способ разрушения льда или ослабления его прочности предполагает использование для нагрева льда тепловой энергии солнца, геотермальных, промышленных и теплых придонных вод.

Физико-механический способ ослабления льда основан на применении солей, понижающих точку плавления льда после чего он проще поддается разрушению с применением механического способа.

Два вышеперечисленных способа продления навигации применяются довольно редко вследствие значительной дороговизны и негативного влияния химических материалов на экологическую ситуацию в регионе. Эти способы применяются для ослабления льда на небольшом протяжении, а также для поддержания майн в пределах портовой акватории и судоходных шлюзов.

Наибольшее распространение из трех рассматриваемых методов получил механический способ, заключающийся в разрушении льда специально оборудованными механическими средствами, среди которых наиболее эффективными являются ледоколы и ледокольные приставки.

Ледокол – это специальное судно, предназначенное для разрушения сплошного ледяного покрова, которое обеспечивается посредством мощной энергетической установки, повышенной прочности корпуса со специальными обводами и прочими устройствами (корпус ледокола имеет минимальное соотношение длины к ширине, что повышает полезный упор, в ущерб ходкости и управляемости; корпус имеет наклонный форштевень благодаря чему судно «наваливаясь» на лед разрушает его с использованием, помимо энергетической установки, гравитации; винты ледоколов не располагаются в насадках, а рули защищены специальными устройствами во избежание их повреждения, особенно при движении задним ходом).

Для прокладки судоходных трас в сплошном льду могут использоваться не только специальные суда, но и транспортные, оснащенные *ледокольными или ледоочистительными приставками*. Такая приставка представляет собой специальный понтон с наклонной носовой частью и нишей в кормовой оконечности для расположения в ней носовой оконечности толкача, который швартуется с ней и начинает движение в сплошном льду.

Работа флота в ледовых условиях требует особых методов организации перевозочного процесса и руководства работой всех звеньев водного транспорта. С этой целью в некоторых судоходных компаниях создаются специальные оперативные группы по обеспечению ледового плавания. Работа персонала таких групп регламентируется специальными нормативными и правовыми документами.

Цель создания оперативных групп по обеспечению ледового плавания заключается в выполнении плановых заданий по перевозкам грузов в

продленный период навигации. Персонал данной группы разрабатывает мероприятия по подготовке к работе в ледовых условиях флота, портов, пути, готовит аварийно-спасательное, навигационное и гидрометеорологическое обеспечение, снабжение флота топливом и прочими материалами, распределяет ледокольные средства по участкам работы, обеспечивает расстановку навигационных знаков на период ледового плавания, обеспечивает информационный обмен с судами и береговыми подразделениями и многие другие.

К ледовому плаванию допускаются суда, удовлетворяющие необходимым требованиям Речного Регистра.

Оптимальное использование ледокольного флота, ледокольно-ледоочистительных приставок, включающее в себя рациональную расстановку данных средств по участкам работы транспортных судов и точное прогнозирование ледовой обстановки, позволяет увеличить навигационный период на отдельных участках внутренних водных путей до 30 процентов.

10.6 Особенности организации перевозок грузов в контейнерах и пакетах

Повышение эффективности грузовых перевозок и улучшение показателей использования флота могут быть обеспечены за счет широкого внедрения в практику эксплуатации водного транспорта перевозок грузов укрупненными местами, то есть в контейнерах и пакетах. Организация перевозок грузов в контейнерах и пакетах имеет ряд преимуществ перед стандартными способами перевозки штучных грузов. Основные из них:

- сокращаются сроки доставки грузов за счет повышения производительности погрузо-разгрузочных работ;
- обеспечивается большая сохранность груза, надежно защищенного упаковкой;
- упрощается процесс оформления коммерческой документации;
- создаются дополнительные возможности применения мультимодальных и интермодальных перевозок;
- шире развивается линейная система судоходства;
- в большей степени обеспечивается логистический эффект.

Для перевозки грузов в контейнерах и пакетах создаются специализированные типы судов, контейнерный парк расширяется и пополняется не только универсальными, но и большегрузными контейнерами, появляются новые пакетирующие средства в виде укрупненной тары и стропконтейнеров, порты оснащаются специализированными перегрузочными машинами, внедряются более совершенные грузозахватные приспособления для автоматизированной

перегрузки контейнеров и пакетов. Опыт перевозки грузов в контейнерах подтверждает высокую их эффективность. Например, себестоимость перегрузки 1 т штучных грузов в речных портах, перевозимых в

контейнерах, в 2,0–2,5 раза ниже; при использовании контейнерных перевозок достигается экономия на промышленной таре и упаковке; капитальные вложения в строительство крытых складов по сравнению со строительством контейнерных площадок больше в 3,5–4 раза.

При организации контейнерных и пакетных перевозок необходимо стремиться к тому, чтобы они выполнялись от пункта производства до пункта потребления без расформирования. Это обстоятельство требует наличия соответствующих технических средств в пунктах производства грузовых операций и обеспечивает повышение логистического эффекта системы доставки груза.

Контейнеры подразделяют на крупнотоннажные, максимальная масса брутто которых более 10 т; среднетоннажные – от 2,5 т до 10 т; и малотоннажные, масса брутто которых менее 2,5 т. Каждый из этих видов контейнеров разделяют на два основных типа: универсальные, предназначенные для штучных грузов широкой номенклатуры, и специализированные – для грузов ограниченной номенклатуры или грузов отдельных видов, например, контейнеры-цистерны, изотермические, бункерные, рефрижераторные контейнеры. Характеристики контейнеров, наиболее широко применяемых в практике эксплуатации водного транспорта, приведены в таблице 10.6.

Таблица 10.6 – Характеристики контейнеров

Тип контейнера	Масса брутто, т		Внутренний объем, м ³	Наружные размеры, мм		
	номинальная	максимальная		длина	ширина	высота
Крупнотоннажный	30,000	30,480	65,6	12192	2438	2591
	30,000	30,480	61,3	12192	2438	2438
	25,000	25,400	48,9	9125	2438	2591
	25,000	25,400	45,7	9125	2438	2438
	25,000	25,400	45,7	9125	2438	2438
	24,000	24,000	32,1	6058	2438	2591
	24,000	24,000	30,0	6058	2438	2438
	10,000	10,160	14,3	2991	2438	2438
	10,000	10,160	14,3	2991	2438	2438
Среднетоннажные	5,000	6,000	11,3	2100	2650	2591
	5,000	5,000	11,3	2100	2650	2400
	5,000	6,000	10,4	2100	2650	2400
	5,000	5,000	10,4	2100	2650	2591
	5,000	5,000	5,1	2100	1325	2400
	3,000	5,000	5,7	2100	1325	2400
	3,000	5,000	5,1	2100	1325	2400
	3,000	5,000	5,1	2100	1325	2400
Малотоннажные	1,250	1,250	3,0	1800	1050	2000

	0,625	0,630	1,4	1150	1050	1700
--	-------	-------	-----	------	------	------

Одно из важных направлений совершенствования перевозки штучных грузов – организация перевозки их в крупнотоннажных контейнерах. Конструкция этих контейнеров следующая. Каркас и несущие элементы выполнены из проката различного профиля, боковые стенки – из гофрированных стальных листов толщиной 1,5 мм. В торцевой части расположены двухстворочные двери, настил пола контейнера деревянный. В нижней раме контейнера имеются сквозные пазы для перегрузки их вилочными автопогрузчиками.

В практике контейнерных перевозок широкое применение находят перевозки крупнотоннажных контейнеров, устанавливаемых на ролл-трейлерах и полуприцепах. Использование такой технологии позволяет осуществлять загрузку флота тягачами или автопогрузчиками грузоподъемностью 20–25 т через бортовые или кормовые проемы корпуса судна, а наибольший эффект использования данной технологии достигается при организации интермодальных перевозок, где обеспечивается перевозка груза по единому документу без перевалок и вскрытия контейнера.

Перевозка грузов в контейнерах помимо преимуществ имеет и некоторые недостатки, которые следует учитывать при обосновании схем их использования: значительный собственный вес контейнеров (до 20–25 процентов веса брутто); высокая стоимость контейнеров; необходимость возвращения порожних контейнеров; неполное использование грузоподъемности подвижного состава, занятого на перевозках контейнеров.

На водном транспорте в настоящее время широко используется пакетный способ транспортировки штучных грузов различной номенклатуры, а также круглого леса, пиломатериалов, асбестоцементных и металлических труб, металлов и некоторых других. Традиционный и наиболее широко применимый способ формирования пакетов – перевозка грузов на поддонах. На поддонах обычно перевозят муку, цемент, минеральные удобрения в мешках, различные товары в ящиках.

Транспортный пакет – укрупненная грузовая единица, сформированная из нескольких грузовых единиц в результате применения средств пакетирования. Средства пакетирования, по аналогии с контейнерами, подразделяются на универсальные и специализированные.

Широкая номенклатура перевозимых водным транспортом грузов, их разнообразные свойства, размеры и масса обуславливают значительное число видов применяемых средств пакетирования. К основным средствам пакетирования относятся поддоны и стропы. *Поддон* – средство пакетирования, имеющее настил и при необходимости надстройку для размещения и крепления груза.

Поддоны подразделяются на ящичные (с крышкой или без нее, имеющие не менее трех вертикальных стенок), стоечные (со съемными или несъемными стойками и обвязкой) и плоские.

Ящичные и стоечные поддоны имеют следующие стандартные типоразмеры:

- 1240 x 835 x 970 мм с массой брутто не более 1 т;
- 1240 x 840 x 970 мм с массой брутто не более 1 т;
- 1240 x 840 x 1510 мм с массой брутто не более 1,25 т;
- 1240 x 1040 x 1150 мм с массой брутто не более 1,25 т;
- 1640 x 1240 x 1300 мм с массой брутто не более 2 т;
- 1840 x 1240 x 1300 мм с массой брутто не более 3,2 т.

Плоские поддоны по конструктивным особенностям разделяют на двухзаходные, в которых вилочный захват может быть заведен с двух противоположных сторон, и четырехзаходные, в которых ввод вилочного захвата возможен со всех сторон. Плоские поддоны имеют следующие типоразмеры: 1200 x 800 мм, 1200 x 1000 мм, 1600 x 1200 мм и 1800 x 1200 мм.

Перевозка грузов на плоских поддонах имеет и недостатки, основные из которых:

- пакеты, сформированные на поддонах, не всегда удается сформировать одинаковыми по форме и размерам. Это затрудняет их складирование в несколько ярусов при перевозке и хранении. В результате грузоподъемность судов и емкости складов используются не полностью;
- большая часть штучных грузов, уложенных на поддоны, не может перевозиться в открытом подвижном составе вследствие их физико-химических свойств и требует закрытого хранения в портах.

С целью повышения эффективности пакетных перевозок на водном транспорте стали применяться крупнотоннажные поддоны – *флеты*. С целью частичного устранения недостатков применения поддонов их выполняют в виде различных конструкций: они могут быть плоскими, с торцовыми опорными стенками, со съемными стойками, с бортами и откидной торцевой стенкой и несъемными стенками в виде ящичного поддона и другие (рисунок 10.11).

В настоящее время активно используется пакетный способ перевозки грузов в мягкой упаковке. Пакеты, формируемые в мягкой упаковке, имеют ряд достоинств: пакеты формируются одинаковой массы и размеров, полнее используются грузоподъемность судна и вместимость складов, возврат пакетирующих средств по сравнению с поддонами значительно упрощается.

Весомую долю перевозок водным транспортом занимают перевозки лесных грузов: круглого леса, пиломатериалов и прочих видов продукции лесной промышленности (фанера, клепка, щепы, тарная доска и т. д.).

В настоящее время для пакетирования лесных грузов применяется проволочно-брусовая, проволочная или ленточная обвязка. Перспективным средством являются полужесткие стропы многократного использования, состоящие из набора цепей и металлических тяг из стали круглого профиля. Масса пакета лесных грузов обычно колеблется в пределах от 5 до 12 т.

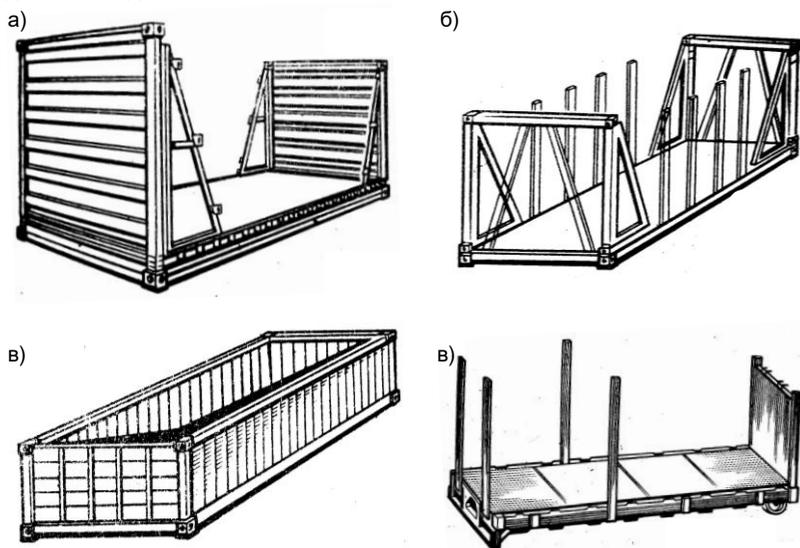


Рисунок 10.11 – Схемы флетов:

а – с торцевыми опорными стенками; *б* – со съёмными стойками; *в* – с несъёмными в виде ящичного поддона; *г* – со съёмными стойками и откидной торцевой стенкой (ролл-трейлер)

Внедрение в практику работы контейнерных и пакетных перевозок грузов предопределяет решение вопросов организации перевозочного процесса: распределения этих перевозок по видам флота, обоснования схемы линий, расстановки судов и составов по участкам работы, формирования требования для новых типов судов и пр.

В настоящее время для перевозки грузов в контейнерах и пакетах используются различные типы самоходных и несамоходных судов. Пакетированные грузы, требующие закрытого хранения, обычно перевозят в грузовых теплоходах грузоподъемностью 600–2700 т. Для перевозки грузов открытого хранения в пакетах используются трюмные и палубные суда. Широкое распространение контейнерных перевозок привело к созданию специализированных теплоходов-контейнеровозов.

Перевозка грузов в контейнерах водным транспортом, как и любой другой вид перевозок, характеризуется значительным количеством исходных данных, требуемых для решения оптимизационных задач организации перевозочного процесса, что делает эти задачи многовариантными. В этой связи рекомендуется обоснование схем линий для перевозок грузов укрупненными местами выполнять с применением соответствующего математического аппарата, например, методов математического программирования.

Регулярное движение судов по контейнерным линиям предопределяется расписанием, в котором предусматривается время прибытия и отправления по каждому пункту бассейна, включенному в линию. Большое значение в обеспечении логистического эффекта контейнерных перевозок имеет информационное обеспечение процесса доставки, в том числе информация о прибытии судов, количестве контейнеров, предназначенных к выгрузке, их расположении на судне, а также количестве контейнеров, подлежащих погрузке.

Учитывая, что проблема развития контейнерных и пакетных перевозок водным транспортом затрагивает логистические интересы различных предприятий и организаций, возникает объективная необходимость не только координировать этот вид перевозок, но разрабатывать и унифицировать технические средства, правила перевозок, положений и документов, регламентирующих работу всех элементов логистической цепи по доставке грузов в контейнерах и пакетах (грузовладельцев, видов транспорта, операторов перевозок и экспедиторов, транспортно-логистических центров).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Берлин, Н. П.** Погрузочно-разгрузочные, транспортирующие и вспомогательные машины и устройства / Н. П. Берлин. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 326 с.

2 **Головнич, А. К.** Речные порты / А. К. Головнич. – Гомель : БелГУТ, 1997. – 101 с.

3 **Горюнов, Б. Ф.** Морские порты / Б. Ф. Горюнов, Ф. М. Шихнев, П. С. Никеров. – М. : Транспорт, 1979. – 368 с.

4 **Захаров, В. Н.** Организация работы речного флота : учеб. для вузов / В. Н. Захаров, В. П. Зачесов, А. Г. Малышкин. – М. : Транспорт, 1994. – 287 с.

5 **Зачесов, В. П.** Речной транспорт Оби / В. П. Зачесов, И. А. Рагулин. – Новосибирск : Советская Сибирь, 1997. – 312 с.

6 **Зачесов, В. П.** Технология и организация перевозок на речном транспорте / В. П. Зачесов, В. Г. Филоненко. – Новосибирск : Сибирское соглашение, 2005. – 400 с.

7 **Ирхин, А. П.** Управление флотом и портами / А. П. Ирхин, В. С. Суворов, В. К. Щепетов. – М. : Транспорт, 1986. – 392 с.

8 **Казаков, А. П.** Технология и организация перегрузочных работ на речном транспорте / А. П. Казаков. – М. : Транспорт, 1984. – 416 с.

9 **Казаков, Н. Н.** Технология и организация перевозок на водном транспорте : учеб. пособие / Н. Н. Казаков ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 106 с.

10 **Казаков, Н. Н.** Техническое нормирование и анализ показателей работы транспортного флота : учеб.-метод. пособие / Н. Н. Казаков ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 208 с.

11 **Казаков, Н. Н.** Техническая эксплуатация объектов водного транспорта : учеб. пособие / Н. Н. Казаков ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 207 с.

12 **Малышкин, А. Г.** Организация и планирование работы речного флота / А. Г. Малышкин. – М.: Транспорт, 1985. – 215 с.

13 **Пищик, Ф. П.** Организация пропуска судов и составов через судоходный шлюз / Ф. П. Пищик. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 20 с.

14 **Пьяных, С. М.** Экономико-математические методы оптимального планирования работы речного транспорта / С. М. Пьяных. – М.: Транспорт, 1988. – 153 с.

15 Справочник по серийным судам, эксплуатируемым в организациях внутреннего водного транспорта Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. – Гомель, 2004. – 48 с.

16 **Шатило, С. Н.** Основы теории и устройство судов внутреннего плавания / С. Н. Шатило. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 261 с.

17 **Уртминцев, Ю. Н.** Организация работы речного флота в условиях рынка:

проблемы методологии : [монография] / Ю. Н. Уртминцев. ; – Н. Новгород : ГОУ ВПО ВГАВТ, 2003. – 252 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Техническая характеристика флота

Таблица А.1 – Техническая характеристика сухогрузного самоходного флота

Проект судна	Наименование головного судна, тип теплохода	Грузоподъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии		Мощность, кВт	Скорость, км/ч, в состоянии		Автономность, сут
				длина	ширина	высота	грузном	порожем		грузном	порожем	
05074	«XXVI съезд КПСС, открытый	10000	«О»	256,8	16,7	16,0	3,50	1,59	1800	16,7	17,9	15
507	«Волго-Дон-1», открытый	5300	«О»	140,0	16,6	14,4	3,50	0,75	1500	21,0	23,0	15
507 Б	«Волго-Дон-80», с люковыми закрытиями	5000	«О»	138,3	16,7	15,9	3,50	1,74	1500	20,0	21,3	15
19610	«Волга-1001», с люковыми закрытиями	4000	«О»	134,0	16,4	16,3	3,70	1,35	1940	21,0	24,2	20
488/А	«Ленинский комсомол», с люковыми закрытиями	3000	«О»	118,8	13,2	14,6	3,73	1,38	1280	20,9	22,0	10
21-88	«Калининград», с люковыми закрытиями	2000	«О»	103,5	12,4	11,6	2,84	1,29	785	20,0	22,3	12
576	«Шестая пятилетка», с люковыми закрытиями	2000	«О»	93,9	13,2	11,1	2,85	1,08	600	16,5	19,0	12
Р-97	«Окский-50», площадка	1930	«О»	93,3	15,3	11,0	2,25	1,70	600	16,8	18,5	10
781	«Балтийский-1», с люковыми закрытиями	2000	«М-СП»	96,0	13,2	13,1	3,34	2,10	990	18,6	20,0	15
2-95	«Волго-Балт-101», с люковыми закрытиями	2700	«М»	114,0	13,2	13,4	3,42	2,10	1050	20,0	21,9	10
1557	«Сормовский», с люковыми закрытиями	2700	«М-СП»	114,0	13,2	15,9	3,51	2,15	990	19,6	20,7	10

292	«Сибирский-2101», с локовыми закрытиями	2100	«М-СП»	128,3	15,6	13,4	2,52	1,90	1325	20,5	21,0	15
613	«Балтийский-191», с локовыми закрытиями	2000	«М-СП»	94,7	13,2	16,0	3,65	2,15	1280	23,1	23,8	20
11	«Большая Волга», с локовыми закрытиями	2000	«О»	93,9	13,2	11,1	2,85	1,30	590	16,5	19,4	15
P 25	«СОТ-1104», открытый	1500	«О»	88,8	12,7	12,7	2,22	0,30	590	18,0	20,0	15
P 168	«СТ-1351», открытый	1410	«О-ПР»	84,0	12,3	10,8	2,50	1,80	650	18,0	19,3	10
936	«Каунас», открытый	1300	«О»	86,4	11,6	14,5	2,50	1,90	770	21,0	23,0	10
559 Б	«Окский-І», открытый	1200	«О»	85,0	15,0	11,3	1,70	1,49	590	15,2	16,6	6
326	«Бахтемир», контейнеровоз	1000	«М»	82,0	11,8	11,2	2,58	1,26	880	20,8	22,3	12
Фин-1000	Теплоход с локовыми закрытиями	1000	«М»	80,9	11,3	9,6	2,56	0,81	590	18,0	20,0	15
573	«СТ», с закрытым трюмом	1000	«О»	80,4	11,6	9,7	2,25	0,83	800	16,5	18,0	10
СК-2000	«СК-2012», контейнеровоз	900	«Р»	72,5	14,4	14,1	1,73	0,86	800	19,0	20,5	10
P 40	«СПТО-817», теплоход-площадка	800	«О»	68,4	14,4	11,2	1,55	0,81	590	19,0	21,0	20
272 А	Теплоход-контейнеровоз	800	«Р»	70,1	14,3	9,0	1,45	1,10	590	17,4	19,8	10
95065	«Надежда», теплоход-площадка	725	«О-ПР»	73,8	10,2	12,3	1,87	0,79	300	18,0	15,5	20
765	«Унжа», теплоход с локовыми закрытиями	600	«О»	65,6	9,6	8,6	1,87	1,34	220	15,0	17,0	5
414 А	«СП-641», теплоход-площадка	600	«О»	65,2	10,4	7,8	1,50	1,20	220	15,0	17,0	6
191	«Белград», теплоход-овошевоз	600	«О-ПР»	86,0	12,2	10,8	1,70	0,94	680	19,0	21,0	10
926	Открытый теплоход	300	«Р»	52,3	7,4	7,5	1,41	0,93	110	13,5	15,0	7
821	Трюмный теплоход	150	«Р»	43,0	7,4	6,9	1,07	0,92	110	13,5	16,8	6
890	«ГТМ», трюмный теплоход	150	«Р»	44,0	7,7	6,9	1,00	0,94	225	12,7	16,0	5
М-104	«ВТ», трюмный теплоход	60	«Р»	30,2	5,8	3,3	0,67	0,45	165	9,9	14,0	5
220	Трюмный теплоход	25	«Л»	24,3	3,9	3,4	0,66	0,39	60	13,2	14,2	3

Таблица А.2 – Техническая характеристика нефтеналивного самоходного флота

Проект судна	Наименование головного судна, тип теплохода	Грузоподъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии		Мощность, кВт	Скорость, км/ч, в состоянии		Автономность, сут
				длина	ширина	высота	грузеноем	порожнем		грузеноем	порожнем	
558	«Волгонефть-21», танкер палубный	5000	«М»	132,6	16,9	18,2	3,27	0,77	1470	19,6	20,7	7
587	Танкер палубный	3000	«О»	110,2	13,4	14,0	3,24	0,80	735	18,0	19,5	12
621	«Ленанефть-2047», танкер палубный	2100	«М»	122,8	15,3	5,2	2,47	1,79	1280	19,0	20,0	15
1754Б	«ТО-1501», танкер палубный	1500	«О»	88,28	13,0	3,2	2,35	1,71	590	17,5	20,5	14
1754	«Герой Ю. Гагарин», танкер палубный	1000	«Р»	85,8	13,0	12,6	1,61	0,10	590	18,0	20,0	20
866М	Танкер бачковый	600	«О»	65,6	9,6	9,8	1,85	0,12	330	16,6	19,3	5
Р42	Танкер палубный	600	«О»	66,0	9,5	11,3	2,02	0,24	330	16,5	18,5	8
Р135	«Вятка-І», танкер бачковый	300	«Р»	57,8	9,5	9,7	1,20	0,42	330	17,0	18,1	6
795	Танкер мелкосидящий	150	«Р»	50,1	8,8	7,1	0,90	0,20	165	14,3	16,0	6

Таблица А.3 – Техническая характеристика сухогрузного несамостоятельного флота

Проект судна	Тип судна	Грузоподъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка, м, в состоянии	
				длина	ширина	высота	груженом	порожнем
81300	Баржа-площадка	5000	«О»	196,0	14,5	8,5	3,50	0,50
1745	Баржа-цементовоз	4500	«О»	110,3	14,2	10,6	4,00	0,72
Р79	Открытая баржа	3800	«О»	98,7	14,3	11,7	3,70	0,46
Р79А	Баржа трюмная	3750	«О»	98,4	14,3	10,5	3,70	0,63
Р29	Открытая баржа	3000	«О»	86,0	17,5	8,0	2,82	0,65
461Б	Баржа с люковыми закрытиями	3000	«О»	86,2	14,2	7,3	3,18	0,54
Р56	Баржа-площадка	2800	«Р»	86,0	17,8	9,1	2,60	0,39
462	Баржа с люковыми закрытиями	1800	«О»	80,7	13,0	7,3	2,55	0,40

567	Открытая баржа	1800	«О»	78,2	13,4	6,0	2,50	0,57
209	Баржа-площадка	1700	«Р»	77,4	15,0	10,0	1,80	0,40
P137	Баржа с люковыми закрытиями	1500	«О»	79,3	14,3	8,0	2,00	0,42
561	Баржа-площадка	1400	«Р»	81,0	15,4	9,4	1,76	0,55
P113	Баржа-цементовоз	1200	«О»	78,5	15,8	7,7	1,82	0,71
565	Баржа-площадка	1000	«Р»	70,2	14,4	7,2	1,49	0,40
278	Тентовая баржа	1000	«Р»	77,8	15,4	7,3	1,32	0,42
2350	Бункерная баржа	1000	«Р»	63,5	11,1	5,5	2,02	0,26
Фин-1000	Морской лихтер	1000	«Р»	64,8	12,3	8,2	2,18	0,58
775Д	Баржа-площадка	900	«О-ПР»	73,7	10,2	5,1	1,87	0,52
943	Баржа-площадка	600	«Р»	57,3	12,1	4,2	1,39	0,34
943А	Баржа-площадка	600	«О»	58,3	12,0	2,0	1,37	0,37
943Т	Баржа тентовая	600	«Р»	56,2	12,2	8,5	1,64	0,44
81218	Баржа-площадка	600	«Р»	59,5	13,4	4,2	1,57	0,29
P57	Открытая баржа	600	«Р»	55,8	9,03	3,2	1,69	0,37
81212	Баржа-площадка	400	«Р»	38,0	8,1	1,3	1,11	0,30
183Б	Баржа-площадка	200	«Р»	35,8	7,5	1,3	1,09	0,21
P127	Баржа трюмная для перевозки зерна	120	«Р»	35,5	7,5	4,7	0,83	0,32

Таблица А.4 – Техническая характеристика наливного несамходного флота

Проект судна	Тип судна	Грузоподъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии	
				длина	ширина	высота	гружено м	порожн ем
P43	Наливная баржа	9200	«О»	114,5	27,3	13,6	4,00	0,56
P27	Наливная баржа	6000	«О»	111,2	20,5	6,2	2,6	0,25
458	Наливная баржа	2000	«О»	103,4	16,5	6,0	1,58	0,22
232	Наливная баржа	1000	«Р»	77,8	15,4	6,0	1,31	0,29
НФ-77	Нефтеналивная баржа	880	«Р»	66,3	14,0	8,4	1,40	0,32
P63	Баржа-бензовоз	200	«Р»	44,7	8,3	3,6	0,80	0,25
678	«БОН-101», наливная баржа	100	«Р»	32,6	6,5	6,0	0,82	0,37
286	Баржа-бензовоз	40	«Л»	27,4	5,6	3,6	0,57	0,22

Таблица А.5 – Техническая характеристика буксирного флота

Проект судна	Наименование головного судна, тип теплохода	Мощность, кВт	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка, м	Скорость, км/ч	Автономность, сут
				длина	ширина	высота			
947	«Маршал Блюхер», толкач	2940	«О»	52,4	13,9	16,5	2,65	25,0	20
Н3290	«ОТ-2401», буксир-толкач	1765	«О»	51,6	12,0	14,4	1,90	22,0	15
428	«ОТ-2001», буксир-толкач	1470	«О»	45,4	12,0	15,2	2,14	23,0	12
3801-С	«Озерный», буксир	1050	«О»	48,5	9,3	11,1	2,20	19,0	20
112А	«Дунайский», толкач	985	«О»	41,0	9,5	13,0	2,30	21,4	15
Р18	«Байкал», морской буксир	880	«М»	46,3	9,3	11,0	4,52	22,6	16
Р33	«Москва», буксир-плотовод	440	«Р»	33,8	8,0	8,8	1,46	20,5	14
Р33ЛТ	«Нижняя Тунгуска», толкач	590	«Р»	33,8	8,4	12,8	1,37	20,5	9
Р131	«БТ-801», рейдовый буксир	590	«О»	34,7	8,3	7,6	2,00	20,5	5
887	«Шлюзовой-І», буксир-толкач	440	«О»	24,4	8,0	9,7	1,85	18,8	5
Р45	«Волгарь-І», буксир-толкач	440	«Р»	32,2	7,8	11,7	1,29	19,5	10
795	«БТ-401», буксир-толкач	440	«О»	31,0	6,9	11,3	1,58	16,8	12
Р162	«Павловск», буксир-толкач	330	«Р»	26,8	9,2	7,3	0,80	15,0	5
570 В	Буксир-толкач	300	«Р»	14,1	8,2	9,6	0,73	17,0	15
81350	Буксир-толкач	220	«Р»	24,0	7,2	9,4	0,70	17,0	5
911В	«РТ-298», буксир-толкач	220	«Р»	28,6	6,9	9,6	1,07	16,9	6
Р103	«Рейдовый-І», рейдовый буксир	220	«О»	22,0	6,8	8,9	1,51	17,0	4
Р96	Буксир-толкач	110	«Р»	21,8	5,3	6,5	0,67	14,9	3
794	Буксир-толкач	110	«Р»	17,0	3,8	5,4	0,80	15,5	3

Учебное издание

КАЗАКОВ Николай Николаевич

Организация работы речного флота
Учебное пособие

Редактор *Т. М. Ризевская*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 21.03.2012 г. Формат 60 × 84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 17,21 Уч.-изд. л. 17,57. Тираж 250 экз.
Зак. № Изд. № 152

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ № 02330/0552508 от 09.07.2009 г.
ЛП № 02330/0494150 от 03.04.2009 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.