

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

Кафедра "Управление эксплуатационной работой"

Н. Н. КАЗАКОВ

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ
ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА
НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ**

**Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта
для студентов факультета безотрывного обучения**

Гомель 2008

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

Кафедра "Управление эксплуатационной работой"

Н. Н. КАЗАКОВ

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта
для студентов факультета безотрывного обучения

*Одобрено методической комиссией
факультета безотрывного обучения*

Гомель 2008

УДК 656.6 (075.8)
ББК 39.48
К14

Рецензенты: зав. кафедрой «Экономика транспорта» профессор *В. П. Бугаев* (УО «БелГУТ»); ст. преп. *С. А. Шавилков* (УО «БелГУТ»).

Казаков, Н. Н.

К14 Технология и организация перевозочного процесса на водном транспорте : учеб.-метод. пособие по выполнению курсового проекта для студентов факультета безотрывного обучения / Н. Н. Казаков ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 96 с.

ISBN 978-985-468-419-2

Приведены методические указания, рекомендации и справочные материалы, требуемые для обоснования выбора флота, используемого на перевозках, расчета технических норм времени, скорости движения и загрузки флота, расчета эксплуатационных показателей его работы. Изложена методика организации перевозок грузов и движения флота на участке водного пути.

Предназначено для выполнения курсового проекта по дисциплине «Технология и организация перевозочного процесса» студентами специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства», направления «Экономика и организация производства (водный транспорт)» факультета безотрывного обучения.

УДК 656.6 (075.8)
ББК 39.48

ISBN 978-985-468-419-2

© Казаков Н. Н., 2008
© Оформление. УО «БелГУТ», 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Расчет показателей грузовых перевозок. Формы изображения грузовых и пассажирских потоков.....	5
2 Обоснование параметров грузовых судов, используемых на перевозках.....	14
2.1 Исходные данные для выбора параметров грузового флота.....	14
2.2 Обоснование эксплуатационных характеристик грузового судна.....	15
3 Технология работы транспортного флота.....	22
3.1 Технологические процессы работы транспортного флота.....	22
3.2 Организация перевозок и движения флота.....	24
3.3 Характеристики грузовой линии.....	25
3.4 Построение графика движения и обработки флота.....	30
4 Техническое нормирование работы флота.....	32
4.1 Общие сведения о техническом нормировании на водном транспорте.....	32
4.2 Нормирование загрузки флота.....	32
4.3 Нормирование ходового времени и скорости движения флота.....	38
4.4 Нормирование продолжительности грузовых операций.....	45
4.5 Обоснование норм продолжительности технических и технологических операций.....	53
5 Расчет эксплуатационных показателей работы флота.....	56
6 Пример организации перевозок грузов за навигацию и расчета показателей работы флота.....	62
6.1 Постановка задачи.....	62
6.2 Организация перевозок грузов на участке водного пути.....	63
6.2.1 Расчет показателей грузовых перевозок и построение дислокации грузопотоков.....	63
6.2.2 Выбор подвижного состава для перевозок.....	65
6.2.3 Нормирование загрузки флота.....	69
6.2.4 Формирование грузовых колец.....	70
6.2.5 Нормирование ходового времени и скорости движения флота.....	72
6.2.6 Нормирование продолжительности грузовой обработки флота.....	75
6.2.7 Обоснование норм продолжительности технических и технологических операций.....	76
6.2.8 Расчет характеристик грузовых линий.....	78
6.3 Расчет эксплуатационных показателей работы флота.....	81
6.4 Выводы.....	88
Список используемой и рекомендуемой литературы.....	89
Приложение А Техническая характеристика флота.....	90
Приложение Б Перечень тем (вопросов), требуемых для изучения дисциплины «Технология и организация перевозочного процесса».....	95

ВВЕДЕНИЕ

Водный транспорт является составной частью общей транспортной системы страны, а качество перевозок на транспорте существенно зависит от технологии перевозочного процесса и рациональной организации перевозок грузов и пассажиров.

Цель преподавания дисциплины «Технология и организация перевозочного процесса» – комплексное изучение технологии перевозочного процесса на водном транспорте, получение знаний о методах организации работы флота и портов, о системе планирования эксплуатационной деятельности подразделений водного транспорта (приложение Б).

Термин «технология» – греческого происхождения (искусство, мастерство, умение) – означает методы, приемы, режим работы, последовательность операций и процедур в производственном процессе для достижения поставленной цели.

Технология как наука ставит своей целью выявление физических, химических, механических и других закономерностей для определения и использования на практике наиболее эффективных производственных процессов. Применительно к водному транспорту технология изучает закономерности перевозочного процесса и использования технических средств в их взаимосвязях и взаимодействии, а также методы эффективной организации перевозок грузов и пассажиров.

Организация – составная часть управления, суть которой заключается в координации действий отдельных элементов системы, достижения взаимного соответствия функционирования ее частей, это совокупность процессов или действий, ведущих к образованию и совершенствованию связей между частями целого.

Курсовой проект – это самостоятельная работа студента по обобщению, углублению и закреплению знаний дисциплины. В проекте выполняется комплексная производственная задача эффективной организации перевозочного процесса для участка водного пути, решая которую, студент принимает самостоятельные управленческие решения, обоснованные расчетами. В пособии приводятся сведения из теории, наглядные примеры и

рекомендации, требуемые для выполнения курсового проекта.

1 РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК. ФОРМЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ И ПАССАЖИРСКИХ ПОТОКОВ

Основными показателями перевозок пассажиров и грузов, которые необходимы для планирования и оценки эксплуатационной деятельности работы того или иного подразделения транспорта, 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.

Масса перевозимых грузов

$$\sum G = \sum_{i=1}^m G_i = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_m, \quad (1.1)$$

где G_i – i -й грузовой поток, т. е. масса однородного груза, характеризуемая одним пунктом отправления и одним пунктом назначения, т.

Численность перевезенных пассажиров

$$\sum Y = \sum_{i=1}^m Y_i = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_m, \quad (1.2)$$

где Y_i – пассажиропоток или численность пассажиров, перевозимых из одного пункта отправления в другой пункт назначения в течение определенного периода, пас.

Масса перевозимых грузов и численность пассажиров не полностью характеризуют работу транспорта на перевозках, в этой связи на транспорте широкое распространение получили показатели транспортной работы: грузооборот и пассажирооборот.

Грузооборот

$$A = \sum_{i=1}^m G_i l_{vi} = G_1 l_{v1} + G_2 l_{v2} + G_3 l_{v3} + \dots + G_m l_{vm}, \quad (1.3)$$

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

Пассажирооборот

$$A_{\text{пас}} = \sum_{i=1}^m Y_i l_{\text{пас}i} = Y_1 l_{\text{пас}1} + Y_2 l_{\text{пас}2} + Y_3 l_{\text{пас}3} + \dots + Y_m l_{\text{пас}m}, \quad (1.4)$$

где $l_{\text{пас}i}$ – средняя 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 – $\bar{И}$:

$$\bar{l}_r = \frac{\sum_{i=1}^m G_i l_{r_i}}{\sum_{i=1}^m G_i}, \quad (1.5)$$

$$\bar{l}_{\text{пас}} = \frac{\sum_{i=1}^m Y_i l_{\text{пас}_i}}{\sum_{i=1}^m Y_i}, \quad (1.6)$$

$$\bar{И}_r = \frac{\sum_{i=1}^m G_i l_{r_i}}{l_{\text{уч.г}}}. \quad (1.7)$$

Густота перевозок характеризует напряженность грузовых перевозок на данном участке и интенсивность использования водного пути.

Коэффициент неравномерности перевозок грузов по времени

$$\rho_r = \frac{G^{\text{max}}}{\bar{G}}, \quad (1.8)$$

где G^{max} – размер (масса) перевозок в наиболее напряженный месяц навигации, т;

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

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 показывает величину необходимого для покрытия этой неравномерности резерва провозной способности флота.

Коэффициент неравномерности перевозок грузов по направлениям

$$\rho_r'' = \frac{A_{\text{обр}}}{A_{\text{пр}}}, \quad (1.9)$$

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

Этот коэффициент показывает, насколько (по сравнению с прямым направлением) загружено обратное направление, поэтому он еще называется коэффициентом загрузки обратного направления. При $\rho_r'' = 1$ весь тоннаж в обратном направлении будет возвращаться полностью загруженным, и, наоборот, при $\rho_r'' = 0$ весь тоннаж возвращается в порожнем состоянии.

Грузовым потоком (грузопотоком) называется масса однородного груза, который предъявляется к перевозке из пункта отправления до пункта назначения за определенный период времени. Грузопоток характеризуется размером, дальностью перевозки, периодом отправления и является основой расчета показателей перевозок. Пассажирским потоком (пассажиропотоком) называется численность пассажиров, перемещаемых из пункта отправления в пункт назначения в течение определенного периода навигации.

Для наглядного представления грузовых и пассажирских потоков существуют различные формы их изображения:

- табличная, в форме корреспонденции грузопотоков;
- дислокация или схема;
- таблица освоения грузопотоков;
- картограмма и др.

Корреспонденцию грузовых потоков представляют в табличной форме, например, как показано в таблице 1.1, где указываются для каждого грузопотока наименование пунктов отправления и назначения, род перевозимого груза, расстояние перевозки, размер перевозок и грузооборот.

Таблица 1.1 – Корреспонденция грузопотоков

Порт		Род груза	G, тыс. т	l, км	Gl, 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 буговый	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
И Т О Г О			2590	—	1 077 000 000

Пример 1.1 Рассчитать показатели грузовых перевозок для корреспонденции, приведенной в таблице 1.1.

Решение.

По формулам (1.1)–(1.9) рассчитываются показатели перевозок для рассматриваемой корреспонденции грузопотоков:

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

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

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

$$\overline{H}_r = \frac{1077 \cdot 10^6}{800} = 1,346 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

$$\rho_r = \frac{A_{\text{обр}}}{A_{\text{пр}}} = \frac{\sum_{i=8}^{11} G_i l_i}{\sum_{i=1}^7 G_i l_i} = \frac{(240 \cdot 600 + 350 \cdot 500 + 140 \cdot 100 + 80 \cdot 200) \cdot 10^3}{(300 \cdot 800 + 180 \cdot 600 + 200 \cdot 500 + 500 \cdot 300 + 200 \cdot 300 + 300 \cdot 200 + 100 \cdot 100) \cdot 10^3} = \frac{349 \cdot 10^6}{728 \cdot 10^6} = 0,479.$$

На основании корреспонденции грузопотоков (см. таблицу 1.1) строится их дислокация (схема грузовых потоков) на рассматриваемом участке. Дислокация – это график (рисунок 1.1), на котором на оси абсцисс схематически изображается участок 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 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 масштабom располагают по правой стороне движения, то есть грузопотоки, следующие вверх, изображают над лентой реки (вверху), а следующие вниз – 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.

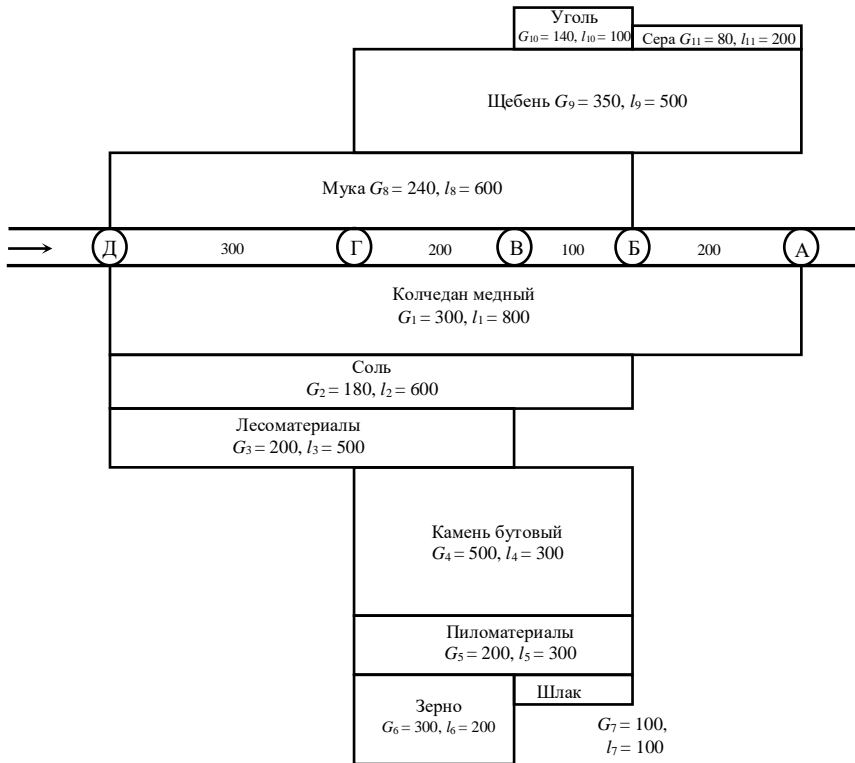


Рисунок 1.1 – Дислокация грузовых потоков

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 дает грузооборот в целом по участку, отдельно по направлениям перевозки и родам груза.

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 освоения грузопотоков (таблица 1.2), 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 расстоянии перевозки.

В данной таблице 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. Таблица освоения грузопотоков имеет такую форму, когда в ее правой части расположены грузопотоки, следующие вверх (против течения реки), в левой части – 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) грузов не отправляют, то в соответствующем поле ставится прочерк.

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

Так, например, густота перевозок на i -м участке вверх определяется по формуле

$$I_{\Gamma_i}^{BB} = I_{\Gamma_{i-1}}^{BB} - \sum_{j=1}^{i-1} G_{приб_j}^{сн} + \sum_{j=i+1}^m G_{отпр_j}^{BB}, \quad (1.10)$$

где $I_{\Gamma_{i-1}}^{BB}$ – густота перевозок на предыдущем нижерасположенном участке, т·км/км;

$\sum_{j=1}^{i-1} G_{приб_j}^{сн}$ – 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.

Таблица 1.2 – Таблица освоения грузопотоков на участке водного пути А–Д

Порт отправления		Порт назначения					Масса отправленного груза, тыс. т·км		Густота перевозок, 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 прибыло, тыс. т	сверху	300	980	500	—	—		1780	436,25	910,00
	снизу	—	80	140	350	240	810			

По данным таблицы освоения грузопотоков (см. таблицу 1.2) густота перевозок грузов вверх по участкам рассчитывается следующим образом:
для участка А–Б:

$$I_{\Gamma_{i-1}}^{BB} = 0, \sum_{j=1}^{i-1} G_{\text{приб } j}^{\text{сн}} = 0,$$

$$I_{\Gamma_i}^{BB} = 0 - 0 + (350 + 80) \cdot 10^3 = 430 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

участка Б–В:

$$I_{\Gamma_i}^{BB} = (430 - 80 + 380) \cdot 10^3 = 730 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

участка В–Г:

$$I_{\Gamma_i}^{BB} = (730 - 140 + 0) \cdot 10^3 = 590 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

участка Г–Д:

$$I_{\Gamma_i}^{BB} = (590 - 350 + 0) \cdot 10^3 = 240 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км}.$$

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

$$I_{\Gamma_i}^{\text{вн}} = I_{\Gamma_{i-1}}^{\text{вн}} - \sum_{j=1}^{i-1} G_{\text{приб } j}^{\text{св}} + \sum_{j=i+1}^m G_{\text{отпр } j}^{\text{вн}}, \quad (1.11)$$

где $I_{\Gamma_{i-1}}^{\text{вн}}$ – густота перевозок на предыдущем вышерасположенном участке, т·км/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.

Для участка Д–Г:

$$I_{\Gamma_{i-1}}^{\text{вн}} = 0, \sum_{j=1}^{i-1} G_{\text{приб } j}^{\text{св}} = 0,$$

$$I_{\Gamma_i}^{\text{вн}} = 0 - 0 + 680 \cdot 10^3 = 680 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

участка Г–В:

$$I_{\Gamma_i}^{\text{вн}} = (680 - 0 + 1000) \cdot 10^3 = 1680 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

участка В–Б:

$$I_{r_i}^{\text{вн}} = (1680 - 500 + 100) \cdot 10^3 = 1280 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

участка Б–А:

$$I_{r_i}^{\text{вн}} = (1280 - 980 + 0) \cdot 10^3 = 300 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км}.$$

Средние плотности перевозок вверх и, соответственно, вниз по течению реки, рассчитанные по формуле (1.7):

$$\overline{I}_r^{\text{вб}} = \frac{349 \cdot 10^6}{800} = 436,25 \text{ тыс.т} \cdot \text{км/км},$$

$$\overline{I}_r^{\text{вн}} = \frac{728 \cdot 10^6}{800} = 910,00 \text{ тыс.т} \cdot \text{км/км}.$$

Правильность заполнения таблицы освоения грузопотоков можно проверить по следующим позициям:

– масса грузов, отправленных вниз, должна быть равна общей массе грузов, прибывающих сверху;

– масса грузов, отправленных вверх, должна быть равна общей массе грузов, прибывающих снизу;

– плотность перевозок вверх на последнем (самом нижнем) участке должна быть равна массе грузов, отправленных вверх из самого нижнего порта;

– плотность перевозок вниз на верхнем участке водного пути должна быть равна массе грузов, отправленных вниз из верхнего порта участка водного пути.

Следует обратить внимание на то, что при строгом соблюдении правил заполнения таблицы освоения грузопотоков из нее наглядно видно распределение перевозок по направлениям: размеры и грузооборот перевозок вверх по течению располагаются выше ее диагонали (в правой верхней части таблицы), а перевозки вниз – ниже диагонали (в левой нижней части).

2 ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРУЗОВЫХ СУДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НА ПЕРЕВОЗКАХ

2.1 Исходные данные для выбора параметров грузового флота

Обоснование параметров грузовых судов предполагает получение экономически целесообразных эксплуатационных характеристик этих судов. Обоснование проводят методом вариантов, поэтапно: подготовка и анализ исходных данных, отбор вариантов для проведения расчетов, расчет эксплуатационно-экономических показателей, анализ полученных показателей и выбор оптимального варианта решения.

В составе исходных данных выделяют информацию по грузовым и пассажирским потокам, условиям плавания и обработки флота в портах, а также характеристикам типов судов.

Информация по грузовым и пассажирским потокам включает в себя корреспонденцию перевозок и характеристики физико-химических свойств грузов. Условия плавания – это габариты судового хода и скорости течения, характеристики судопропускных сооружений и ветроволнового режима водного пути, а также сроки открытия и завершения навигации. В состав исходных данных по судам входят их основные технические, эксплуатационные и экономические параметры.

Эксплуатационная наука водного транспорта выработала общие закономерности работы флота и портов, на основе которых возможны рекомендации по предварительной оценке эффективности работы грузовых судов на перевозках и отбор целесообразных вариантов для расчетов. Основные из этих рекомендаций следующие:

- для перевозки навалочных грузов (угля, руды, гравия, песка, шлака и др.) 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 др.), 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 в смежные пароходства, 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;

- соотношения между главными размерениями судов различных типов, характеризующие общую прочность судна и его мореходные качества, следует принимать исходя из опыта проектирования и постройки флота.

На основе сформулированных рекомендаций предварительно отобранные варианты включают в последующие расчеты для обоснования основных параметров грузовых судов.

2.2 Обоснование эксплуатационных характеристик грузового судна

К основным эксплуатационным характеристикам грузового судна относятся его габаритные размеры, регистровая грузоподъемность, грузовместимость, регистровая мощность и скорость.

Обоснование данных параметров осуществляется для отдельных линий и направлений перевозок. Эксплуатационные характеристики судна зависят от множества взаимосвязанных факторов, которые существенно влияют на конечный результат работы водного транспорта. В связи с этим решить задачу оптимизации отдельных параметров судна аналитическими методами не всегда удается, что объясняется значительной трудоемкостью нахождения аналитических зависимостей, которые бы обобщали все исходные данные и давали однозначное решение. Поэтому наиболее эффективным методом, который применяется при обосновании эксплуатационных характеристик грузового судна, является метод вариантов.

Предварительно для расчетов назначают серию вариантов, каждый из

которых имеет свои количественные параметры по намеченным к обоснованию эксплуатационным характеристикам. По каждому варианту рассчитывают эксплуатационно-экономические показатели работы флота и по заранее установленному критерию оптимальности выбирают наилучший вариант из всех включенных в расчет.

Например, общий вид задачи обоснования грузоподъемности, грузоместимости и скорости грузового судна (основных эксплуатационных характеристик) можно записать следующим образом: найти эксплуатационно-экономические показатели работы флота для всех вариантов:

$$\{Q_p\}_i \rightarrow \{V_c\}_j \rightarrow \{v\}_k, \quad (2.1)$$

где $\{Q_p\}_i$, $\{V_c\}_j$, $\{v\}_k$ – множества значений соответственно грузоподъемности, грузоместимости и скорости по различным признакам, характеризующим отдельные варианты расчетов.

Из множества назначенных вариантов требуется выбрать такой, для которого критерий оптимальности будет минимальным или максимальным, в зависимости от направленности критерия (например, если в качестве критерия оптимальности выбран экономический показатель прибыль, то он должен стремиться к максимуму, если затраты или издержки – к минимуму).

Из приведенной зависимости видно, что число различных вариантов может быть настолько многочисленным, что перебор всех их оказывается затруднительным. Поэтому целесообразно ограничить общее число расчетных вариантов на основании рекомендаций, приведенных в подразд. 2.1, предварительно определив базовые значения эксплуатационных характеристик грузового судна. Определение базовых значений позволяет в дальнейшем включать в расчет только те варианты, характеристики флота в которых близки к базовым.

При выполнении курсового проекта рекомендуется организовывать перевозки грузов, заданных руководителем, используя флот, характеристики которого приведены в приложении А.

Регистровая осадка базового судна устанавливается на основании неравенства

$$T_p^{\delta} \leq H_r - \Delta h, \quad (2.2)$$

где H_r – минимальная гарантированная глубина судового хода на всем протяжении заданного водного пути, м;

Δh – запас воды под днищем судна, м.

Значения норм минимального запаса воды под днищем судна в

зависимости от характеристики водного пути и судоходных шлюзов, которые, в основном, являются ограничивающим элементом пропускной способности пути, приводятся в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – 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
Несамоходные суда на буксире:			
при песчаном 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 2.2 – 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

Длину базового судна L^6 и его ширину B^6 ограничивают размеры камер шлюзов, ширина и радиус закругления судового хода лимитирующих участков. Исходя из наиболее рациональных соотношений между размерами судна и габаритными размерами пути устанавливают несколько вариантов длины и ширины судна.

Важным условием, которое определяет верхние границы габаритных размерений судов, эксплуатируемых на водном пути, является соблюдение для них запасов расстояния по ширине и длине.

Так для судов и составов должны соблюдаться следующие нормативы запасов:

а) длина состава, счаленного жестким счалом, при следовании по течению должна быть в 3,5 раза и против течения в 2 раза меньше нормируемых радиусов закругления судового хода;

б) длина одиночных судов при следовании в обоих направлениях должна быть в 3 раза меньше нормируемых радиусов закругления судового

хода.

При шлюзовании судов и составов в судоходном шлюзе предусматриваются запасы расстояния по длине и ширине его камеры (рисунок 2.1).

Минимальный запас расстояния между бортом шлюзуемого судна и стенкой шлюза должен быть: при полезной ширине камеры до 10 м – 0,2 м, от 10 до 18 м – 0,4 м, свыше 18 м – 0,5 м. Рекомендуемый запас расстояния по длине для шлюзов с полезной длиной камеры свыше 210 м – 10 м, от 151 до 210 м – 6 м, от 101 до 150 м – 4 м, от 51 до 100 м – 2 м, для более коротких шлюзов полезная длина камеры может использоваться полностью.

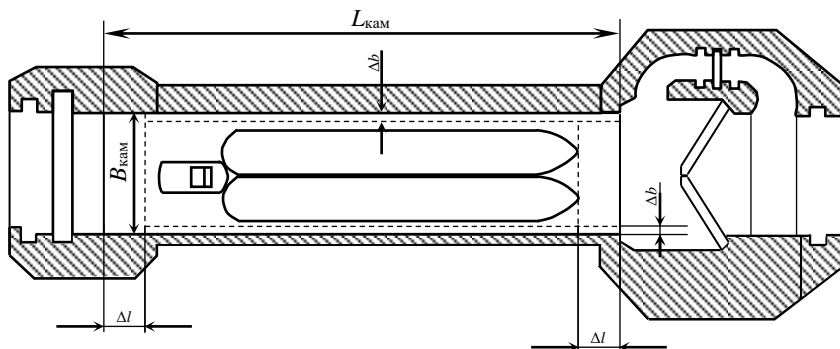


Рисунок 2.1 – Схема шлюзования толкаемого состава:

Δl – запас расстояния по длине камеры между судном и линиями знаков «СТОП»; Δb – запас расстояния по ширине между стеной камеры и бортом судна; $L_{\text{кам}}$, $B_{\text{кам}}$ – полезные длина и ширина камеры шлюза, соответственно

Скорость базового судна в зависимости от сроков доставки грузов определяется по формуле

$$U^6 = \frac{L}{(t_d - (t_r + t_n))}, \quad (2.3)$$

где L – дальность перевозки, км;

t_d – требуемый срок доставки, сут;

t_r – общие затраты времени на технические операции по судну в начальном и конечном пунктах линии, а также в пути следования, сут;

t_n – затраты времени на накопление партии груза, сут.

При выполнении курсового проекта рекомендуется выбирать значения параметров t_r и t_n на основании соотношений:

– для самоходных судов: $(t_r + t_n) = (0,30 \dots 0,4) t_d$;

– составов несамоходных судов: $(t_r + t_n) = (0,50 \dots 0,65) t_d$.

Зная потери ($-w$) и приращения ($+w$) скорости судна при движении по

водному пути можно установить скорость базового судна (состава) в спокойной воде:

$$v^6 = U^6 \pm w. \quad (2.4)$$

При обосновании выбора флота, требуемого для осуществления перевозок, особое внимание требуется уделять выбору буксира-толкача для состава несамоходных судов. На практике с этой целью изучаются многочисленные факторы и решается трудоемкая задача эксплуатационно-экономического обоснования. В курсовом проекте данная задача существенно упрощена, так как большинство этих факторов не учитывается. При этом следует учесть, что в случае нерационального выбора буксира-толкача может иметь место как существенное снижение качественных показателей перевозки (если выбран чрезмерно мощный буксир для малотоннажного состава несамоходных судов), так и отсутствие возможности осуществления перевозки вообще (если выбран маломощный буксир для крупнотоннажного состава). Поэтому, при выборе буксира-толкача следует руководствоваться рекомендациями таблицы 2.3.

Таблица 2.3 – Рекомендуемые значения мощности буксиров-толкачей, используемых для движения составов с заданной грузовой массой

Грузовая масса состава, т	Мощность буксира-толкача, кВт	Грузовая масса состава, т	Мощность буксира-толкача, кВт
До 1000	До 330	4000–000	440–985
1000–2000	220–440	6000–10 000	588–1470
2000–4000	330–588	Более 10 000	Более 1470

Как было сказано ранее, значения таблицы 2.3 являются лишь примерными рекомендациями, не учитывающими ряда важных факторов, поэтому, при выполнении курсового проекта вероятна ситуация, когда по той или иной причине, выраженной результатами расчетов, может потребоваться изменение ранее выбранного студентом подвижного состава.

На основании расчета характеристик базового судна и рекомендаций, изложенных в подразд. 2.1, для каждого грузового потока из общего числа судов выбирается грузовое судно (состав), в котором будет осуществляться перевозка в течение эксплуатационного периода.

Пример 2.1 Обосновать выбор грузового теплохода для освоения перевозок партии муки размером 240 тыс. т из порта Б в порт Д (см. таблицу 1.1). Дополнительные исходные данные, требуемые для обоснования, сведены в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Исходные данные для примера 2.1

Наименование характеристики		Значение/характеристика
Класс водного пути		«М»
Минимальные гарантированные габариты судового хода, м	глубина	3,0
	ширина	52
	радиус закругления	330

Окончание таблицы 2.4

Наименование характеристики		Значение/характеристика
Тип шлюза		Железобетонный
Размеры камеры судоводного шлюза, м	глубина заложения короля	3,2
	ширина	17
	длина	172
Срок доставки		Навигация

Решение.

Итерация 1: Из приложения А выбираются все теплоходы, в которых возможно осуществление перевозки грузов по водному пути разряда «М», то есть суда класса «М» (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Выбор подвижного состава класса «М»

Проект судна	Наименование, тип теплохода	Q_p , т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии	
				L	B	H	груженым	порожнем
2-95	«Волго-Балт-101», с люковыми закрытиями	2700	«М»	114,0	13,2	13,4	3,42	2,10
1743	«Якутск», с люковыми закрытиями	1900	«М»	108,4	15,0	14,1	2,51	0,89
326	«Бахтемир», контейнеровоз	1000	«М»	82,0	11,8	11,2	2,58	1,26
Фин-1000	Теплоход с люковыми закрытиями	1000	«М»	80,9	11,3	9,6	2,56	0,81

Итерация 2: По формуле (2.2) и рекомендациям по обоснованию минимальных запасов по длине и ширине судов рассчитываются характеристики базового судна.

По осадке и ширине базового судна лимитирующим элементом является шлюз (см. таблицу 2.3), поэтому:

$$T_p^6 \leq 3,0 - 0,4;$$

$$T_p^6 \leq 2,60 \text{ м};$$

$$B^6 \leq 17 - (0,4 + 0,4) = 16,2 \text{ м.}$$

Для определения длины базового судна необходимо установить, какая величина является ограничивающим элементом: минимальный радиус закругления судового хода или полезная длина камеры шлюза. В соответствии с рекомендациями, приведенными ранее, длина базового судна при следовании в обоих направлениях должна быть в 3 раза меньше нормируемых радиусов закругления судового хода, а величина запаса по ширине в камере шлюза для условий задачи (см. таблицу 2.5) в соответствии с рекомендациями – 6 м. То есть

$$L^6 \leq \min \{(350 : 3); (172 - 6)\}; L^6 \leq \min \{116,7; 166,0\}; L^6 \leq 116,7 \text{ м.}$$

Таким образом, главные размерения базового судна не должны превышать: длина – 116,7 м; ширина – 16,2 м; осадка в грузе – 2,60 м.

Из рассматриваемых в качестве вариантов судов (см. таблицу 2.5) судно проекта 2-95 не удовлетворяет данному условию, поэтому исключено из дальнейшего рассмотрения (таблица 2.6).

Итерация 3: На основании физико-химических свойств перевозимого груза (мука), который требует перевозки в закрытом грузовом помещении, и спецификации рассматриваемого флота, делается вывод о том, что судно проекта 326 не может быть использовано при освоении заданного грузового потока.

Таблица 2.6 – Выбор подвижного состава, удовлетворяющего ограничениям размерений базового судна

Проект судна	Наименование, тип теплохода	Q_p , т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии	
				L	B	H	грузе-ном	порож-ем
1743	«Якутск», с люковыми закрытиями	1900	«М»	108,4	15,0	14,1	2,51	0,89
326	«Бахтемир», контейнеровоз	1000	«М»	82,0	11,8	11,2	2,58	1,26
Фин-1000	Теплоход с люковыми закрытиями	1000	«М»	80,9	11,3	9,6	2,56	0,81

Итерация 4: В соответствии с рекомендациями, приведенными выше, из двух судов проекта 1743 (см. таблицу 2.6) и Фин-1000 при освоении грузового потока муки в количестве 240 тыс. т по заданному водному пути наиболее предпочтительно использование судна проекта 1743, грузоподъемность которого значительно больше грузоподъемности теплохода Фин-1000.

Вывод: в соответствии с условиями примера 2 и исходными данными к нему для перевозки муки оптимальным является использование теплохода

проекта 1743, характеристики которого сведены в таблицу 2.6.

Аналогичным образом проводятся обоснования выбора флота для перевозок остальных грузов корреспонденции для условий, заданных руководителем курсового проекта.

3 ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА

3.1 Технологические процессы работы транспортного флота

Технологическим процессом работы транспортного судна называют совокупность операций, последовательно выполняемых судном за время перевозки грузов или пассажиров. Грузовое судно в процессе эксплуатации выполняет следующие операции: ходовые (с грузом или порожнем), грузовые (загрузка или разгрузка), технические и технологические в пунктах грузовой обработки и в пути.

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 отходов, зачистка трюмов, подбуксировка и отбуксировка барж-приставок, формирование и расформирование составов и др. Следовательно, техническими называют вспомогательные операции, являющиеся необходимой составной частью технологического процесса работы транспортного судна.

Технологическими на водном транспорте принято называть операции ожидания причала, груза, тяговых средств (для несамоходных судов), шлюзования, снабжения и т. д. По своей сути – это непроизводительные операции, связанные с потерей рабочего времени. Они являются, как правило, следствием стохастического характера (неравномерности) транспортного процесса, но могут иметь место и при абсолютной равномерности движения и обработки флота.

В работе транспортных судов различают три вида технологических процессов: рейс, круговой рейс и оборот (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Графическое изображение рейса, оборота и кругового рейса:
ТО – технические и технологические операции

Продолжительность рейса судна с грузом 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. Время порожнего рейса грузового судна исчисляется с момента окончания разгрузки до момента подачи под загрузку в другом пункте.

Продолжительность рейса буксирного судна – это совокупность операций между двумя последовательными подачами его к составу в разных пунктах.

Круговым рейсом грузового судна называется совокупность операций, совершаемых судном между двумя последовательными подачами его под загрузку в одном и том же пункте. Круговой рейс может состоять из грузенного и порожнего рейсов, из двух грузенных рейсов (прямого и обратного направлений), из нескольких грузенных и порожних рейсов прямого и обратного направлений.

Особое значение в эксплуатации 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 порожнем, технические и другие операции в начальном, конечном пунктах и в пути).

Технологические процессы работы транспортных судов принято изображать в виде схем, на которых сплошными линиями отмечают грузенные рейсы, штриховыми – порожние (рисунок 3.2).

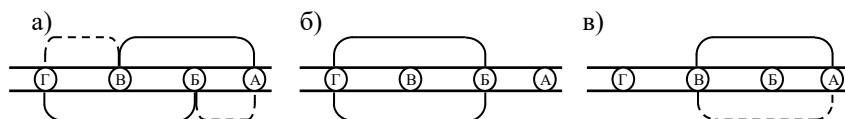


Рисунок 3.2 – Формы графического изображения рейсов грузового судна

В качестве примера на схеме (см. рисунок 3.2, а) изображены два грузенных рейса между пунктами АВ и ГВ 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 грузенного (см. рисунок 3.2, б) или кругового (см. рисунок 3.2, 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.

3.2 Организация перевозок и движения флота

Организация производственного процесса на водном транспорте состоит в системе мероприятий по планированию, регулированию, учету и анализу работы судов, портов и судопропускных сооружений, направленных на выполнение перевозок грузов и пассажиров при наименьших трудовых и материальных затратах.

Организация перевозок грузов на водном транспорте заключается в выборе вида сообщения (прямое водное или смешанное, с участием других видов транспорта), пунктов погрузки, перевалки и выгрузки грузов, во взаимном сочетании грузопотоков прямого и обратного направлений.

Организация движения флота предполагает расстановку грузовых судов по участкам работы (грузопотокам), обоснование системы использования тяговых средств, числа судов в составах, порядок движения судов (по расписанию или без него).

Многолетней практикой эксплуатации водного транспорта выработаны две формы организации движения флота: линейная и рейсовая. Сущность линейной формы заключается в освоении одного грузового потока однотипным флотом, работающим по установленным нормативам регулярно в течение всего периода предъявления груза к перевозке. По линейной форме движение судов организуют при освоении мощных, устойчивых грузопотоков, что позволяет добиться ритмичного отправления судов с соблюдением определенного интервала или по расписанию.

Сущность рейсовой формы заключается в освоении нестабильных грузопотоков судами разных типов нерегулярно, но с соблюдением в каждом рейсе нормативов графика. Основной признак рейсовой формы – нерегулярность отправления флота.

Понятие «линейная форма организации движения» происходит от термина «грузовая линия». Грузовой линией называется транспортная связь между определенными пунктами отправления и назначения однородного груза, осуществляемая однотипным флотом регулярно в течение всего периода предъявления груза к перевозке.

В определении грузовой линии говорится об однородном грузе и однотипном флоте. Это значит, что если один и тот же грузопоток осваивается судами двух или более типов либо одно судно за круговой рейс последовательно осваивает два или более грузопотоков, то функционируют соответственно две грузовые линии или более.

На рисунке 3.3, *a* изображены два взаимосочетаемых грузопотока: угля $G_{ут} = 600$ тыс. т из пункта А в пункт В и лесоматериалов $G_{л} = 320$ тыс. т из пункта Г в пункт Б. Для их освоения пароходство располагает грузовыми теплоходами двух типов: «Волго-Дон» ($Q_3 = 5$ тыс. т) и «Шестая пятилетка» ($Q_5 = 2$ тыс. т). Варианты освоения указанных грузопотоков следующие:

теплоходы «Волго-Дон» перевозят уголь из пункта А в пункт В, а в обратном направлении – лесоматериалы из пункта Г в пункт Б (рисунок 3.3, б); теплоходы «Шестая пятилетка» перевозят уголь из пункта А в пункт В и обратно возвращаются порожнем (рисунок 3.3, в). За 80 отправок теплоходы «Волго-Дон» перевезут 400 тыс. т угля и 320 тыс. т лесоматериалов, а теплоходы «шестая пятилетка» за 100 отправок – 200 тыс. т угля. Таким образом, весь плановый объем перевозок будет освоен. При этом будут функционировать три грузовые линии: линия АВ на перевозках угля теплоходами «Волго-Дон», линия ГБ на перевозках лесоматериалов теплоходами «Волго-Дон» и линия АВ на перевозках угля теплоходами «Шестая пятилетка».

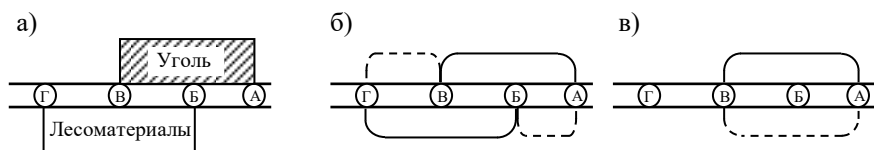


Рисунок 3.3 – Схемы грузопотоков и судопотоков

В общем случае за круговой рейс судно может осваивать один или несколько грузопотоков. Если осваивается несколько грузопотоков, то имеет место система взаимосвязанных грузовых линий, объединенных круговым рейсом в своеобразное кольцо. Эту систему линий называют грузовым кольцом (см. рисунок 3.3, б). Частным случаем грузового кольца является грузовая линия, именуемая «вертушкой», когда за круговой рейс осваивается один грузопоток, а в обратном направлении судно идет порожнем в первоначальный пункт отправления (см. рисунок 3.3, в).

Для объединения грузовых линий в грузовое кольцо необходимо соблюдение некоторых условий: совместимость 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.

Грузовое кольцо можно рассматривать как транспортную систему, а грузовая линия (транспортная связь) есть лишь элемент транспортной системы.

3.3 Характеристики грузовой линии

Характеристиками грузовой линии считают пункты отправления и назначения груза, род груза, тип судна, его регистрационная Q_p и эксплуатационная грузоподъемности Q_s , судопоток m , количество перевозимого груза G , период отправления $t_{от}$, интервал отправления $t_{и}$,

частота отправления r , продолжительность кругового рейса $t_{кр}$, потребность во флоте Φ .

Расчет характеристик грузовых линий и принципы формирования грузовых колец, частично изложенные в подразд. 3.2, рассмотрим на примере.

Пример 3.1 Рассчитать характеристики грузовых линий по освоению двух взаимосочетаемых грузопотоков из таблицы 1.1: мука (из пункта Б в Д, $G = 240$ тыс. т) и соль (из пункта Д в Б, $G = 180$ тыс. т) теплоходом проекта 1743, загруженным на 1900 т, что соответствует регистровой грузоподъемности (полная загрузка).

Решение.

Размер судового потока (судопотока, составопотока) определяется по формуле

$$m = \frac{G}{Q_s}, \quad (3.1)$$

где Q_s – эксплуатационная грузоподъемность судна (состава), соответствующая норме загрузки теплохода, т.

Методика нормирования загрузки флота приведена в подразд. 4.2.

Для муки:

$$m_m = \frac{240\,000}{1900} = 127 \text{ отправлений};$$

соли:

$$m_c = \frac{180\,000}{1900} = 95 \text{ отправлений}.$$

Схема судопотоков приведена на рисунке 3.4.

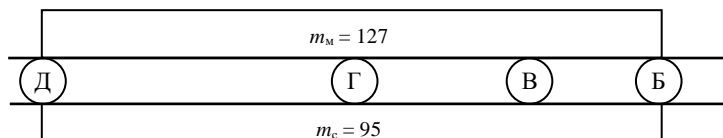


Рисунок 3.4 – Схема судопотоков

Так как судопотоки с мукой и солью не равны, иначе – не симметричны, то целесообразно назначить два грузовых кольца (ГК1 и ГК2), как показано на рисунке 3.5.

Частотой отправления называется число отправлений судов из начального пункта линии в одни сутки:

$$r = \frac{m}{t_{от}}, \quad (3.2)$$

где $t_{от}$ – период отправления судов, сут.

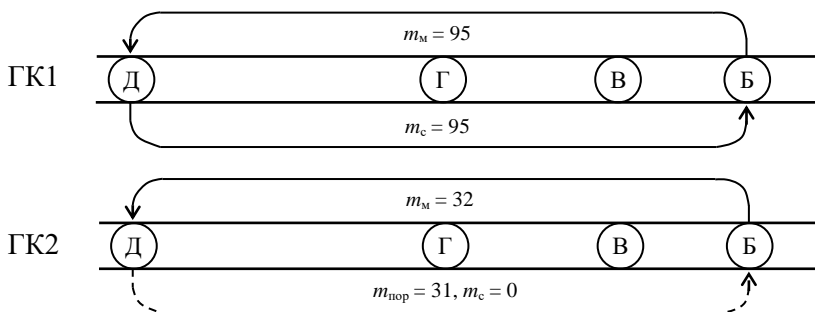


Рисунок 3.5 – Схемы грузовых колец

Периодом отправления называется промежуток времени, в течение которого происходит отправление груженных судов из начального пункта линии:

$$t_{от} = t_{нав} - (t_{вв} + t_{выв} + t_{кр}), \quad (3.3)$$

где $t_{нав}$ – период навигации, сут;

$t_{вв}, t_{выв}$ – периоды, соответственно, ввода и вывода флота из эксплуатации, сут (в курсовом проекте принимается $t_{вв} = t_{выв} = 7$ сут);

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

Интервалом линии называется средний промежуток времени между двумя последовательными отправлениями судов из начального пункта линии, то есть эта величина обратна частоте:

$$t_{и} = \frac{1}{r}. \quad (3.4)$$

Таким образом, если, например $t_{от} = 240$ сут, то значения характеристик данных линий следующие:

Для грузового кольца 1:

$$t_{и} = \frac{240}{95} = 2,5 \text{ сут}; r = \frac{1}{2,5} = 0,4 \text{ отправлений/сут};$$

грузового кольца 2:

$$t_{и} = \frac{240}{32} = 7,5 \text{ сут}; r = \frac{1}{7,7} = 0,13 \text{ отправлений/сут}.$$

В рассмотренном примере у сочетаемых грузопотоков совпадали пункты отправления с пунктом назначения и наоборот, что существенно упрощает систему организации перевозок грузов и движения флота. Ниже приводится другой пример, где для освоения перевозок флот вынужден осуществлять порожние пробеги.

Пример 3.2 Рассчитать характеристики грузовых линий по освоению грузопотоков бутового камня (порт отправления – Г, назначения – Б) и щебня (порт отправления – А, назначения – Г) (рисунок 3.6). Грузы перевозятся составами из двух барж, проекта № 567, $Q_3 = 1700$ т, отсюда масса состава $Q_3^{\text{сост}} = 2 \cdot 1700 = 3400$ т.

Решение.

Составопоток, рассчитываемый по формуле (3.1):
для щебня

$$m_{\text{щ}} = \frac{350\,000}{3\,400} = 103 \text{ отправок};$$

бутового камня

$$m_{\text{б.к}} = \frac{500\,000}{3\,400} = 147 \text{ отправок}.$$

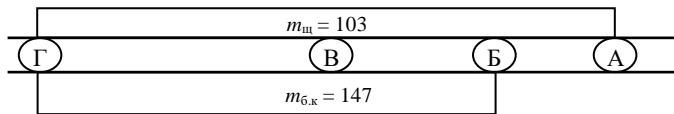


Рисунок 3.6 – Схема составопотоков

Из рассматриваемых двух взаимосочетаемых грузовых потоков целесообразно назначить следующие два грузовых кольца (рисунок 3.7).

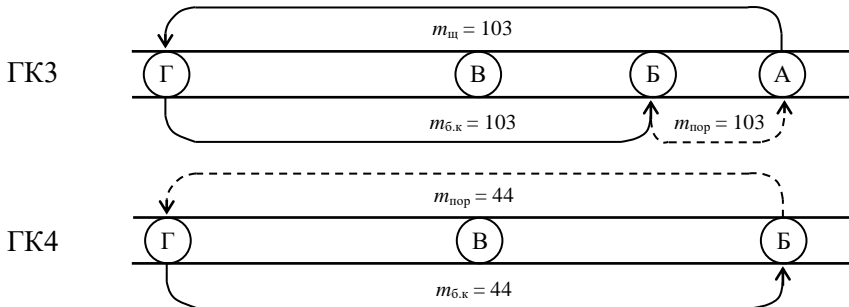


Рисунок 3.7 – Схема грузовых колец

Для грузового кольца 3:

$$t_{\text{н}} = \frac{240}{103} = 2,3 \text{ сут}; r = \frac{1}{2,3} = 0,43 \text{ отправок/сут};$$

грузового кольца 4:

$$t_{\text{н}} = \frac{240}{44} = 5,5 \text{ сут}; r = \frac{1}{5,5} = 0,18 \text{ отправлений/сут.}$$

Важной характеристикой грузовой линии является продолжительность кругового рейса $t_{\text{кр}}$. В соответствии с рисунками 3.1 и 3.5 рассмотрим пример определения продолжительности кругового рейса для грузового кольца 1.

На рисунке 3.8 приведена схема водного пути, на которой выделены участки с разными условиями судоходства: река, водохранилище, участки с различными потерями и приращениями скоростей хода.

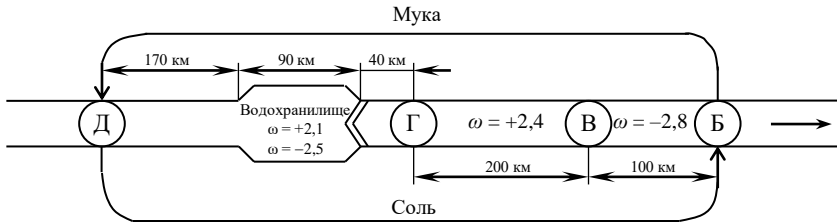


Рисунок 3.8 – Схема водного пути и судопотоков

В соответствии с определением кругового рейса и совокупности операций, из которых он состоит:

$$t_{\text{кр}}^{\text{ГК1}} = t_{\text{п}}^{(\text{Д})} + (t_{\text{х гр}}^{\text{Д-вдх}} + t_{\text{х гр}}^{\text{вдх}}) + t_{\text{шл}} + (t_{\text{х гр}}^{\text{вдх-Г}} + t_{\text{х гр}}^{\text{Г-В}} + t_{\text{х гр}}^{\text{В-Б}}) + t_{\text{в}}^{(\text{Б})} + t_{\text{тех}}^{(\text{Б})} + t_{\text{п}}^{(\text{Б})} + (t_{\text{х гр}}^{\text{Б-В}} + t_{\text{х гр}}^{\text{В-Г}} + t_{\text{х гр}}^{\text{Г-вдх}}) + t_{\text{шл}} + (t_{\text{х гр}}^{\text{вдх}} + t_{\text{х гр}}^{\text{вдх-Д}}) + t_{\text{в}}^{(\text{Д})} + t_{\text{тех}}^{(\text{Д})},$$

где $t_{\text{п}}^{(\text{Д})}$, $t_{\text{п}}^{(\text{Б})}$ – продолжительности погрузки соли в порту Д и муки в порту Б;

$t_{\text{х гр}}^{\text{Д-вдх}} \dots t_{\text{х гр}}^{\text{вдх-Д}}$ – продолжительности хода судна в груженом состоянии по участкам водного пути, соответственно, от порта Д до водохранилища (170 км), ..., от водохранилища до порта Д (170 км);

$t_{\text{шл}}$ – продолжительность шлюзования, сут;

$t_{\text{в}}^{(\text{Б})}$, $t_{\text{в}}^{(\text{Д})}$ – продолжительности выгрузки грузов в портах Б и Д, сут;

$t_{\text{тех}}^{(\text{Б})}$, $t_{\text{тех}}^{(\text{Д})}$ – продолжительность технических и технологических операций в портах Б и Д.

Зная, что для перевозки груза в размере G тонн судном с нормой загрузки Q_3 тонн потребуется m отправлений, а одно судно за период отправления $t_{\text{от}}$ может совершить n круговых рейсов с продолжительностью $t_{\text{кр}}$, можно установить потребность во флоте для данной грузовой линии по формулам:

$$n = \frac{t_{от}}{t_{кр}}, \quad (3.5)$$

$$\Phi = \frac{m}{n} = \frac{mt_{кр}}{t_{от}} = r t_{кр}. \quad (3.6)$$

Продолжительности операций, составляющих технологические процессы работы транспортного флота: рейс, круговой рейс и оборот, устанавливаются на основании технического нормирования.

3.4 Построение графика движения и обработки флота

Для наглядности увязки операций транспортного процесса составляется график движения и обработки судов, по оси абсцисс которого откладываются нормы времени на отдельные операции, по оси ординат – расстояние, на котором отстоит судно в данный промежуток времени от начального пункта отправления судна (рисунок 3.9).

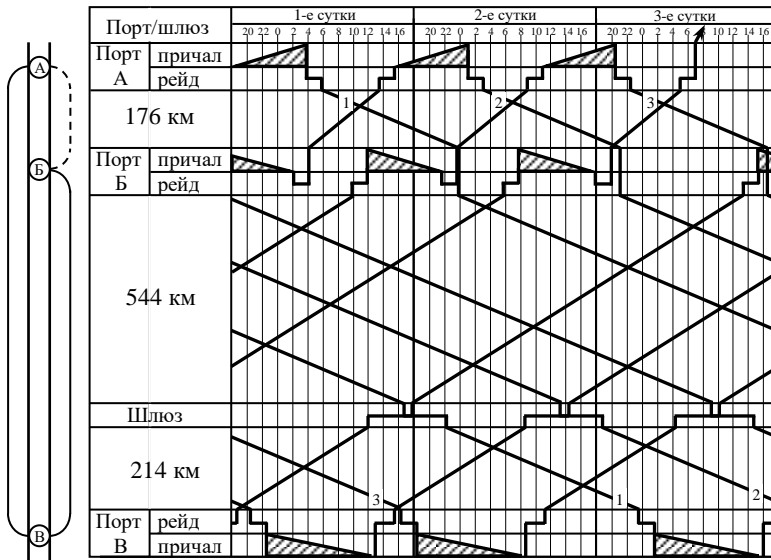


Рисунок 3.9 – График движения и обработки флота
($m = 3$ отправления)

Линии, отражающие на графике движение и стоянки судов, называются нитками графика. Каждой линии движения соответствует одна или несколько пар ниток. Нитки графика, в зависимости от вида сообщений

имеют разные цвета. Рекомендуется красным цветом обозначать пассажирские и грузопассажирские линии, коричневым – грузовые, обслуживаемые самоходными грузовыми судами, синим – грузовые, обслуживаемые буксирным флотом, зеленым – плотовые линии. Каждой нитке графика присваивают определенный номер: нечетный – нитке, обозначающей движение вверх по течению, четный – нитке, обозначающей движение вниз.

При построении графика обработки и движения флота за начало суток принимается 18 часов.

На укрупненной линии расписание движения судов является более сложным; отличается большим количеством пунктов и наличием нескольких интервалов отправок судов.

В расписаниях движения предусматривается их согласованный подход к элементам водно-транспортной системы, лимитирующим пропускную способность линии: шлюзам, некоторым портам, участкам водного пути для того, чтобы избежать или сократить вынужденные ожидания. Данное согласование производится на этапе составления графика движения и обработки флота.

4 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ РАБОТЫ ФЛОТА

4.1 Общие сведения о техническом нормировании на водном транспорте

Современный транспортный процесс характеризуется, с одной стороны, довольно высокой степенью детерминированности, определяемой его основной функцией, как одной из важнейших частей инфраструктуры экономики, а с другой стороны – высокой динамичностью, обуславливающей его некоторую стохастичность, связанную с постоянным изменением производственных ситуаций. В этих условиях для бесперебойной и высокоэффективной работы отдельных звеньев транспортного конвейера необходима четкая организация деятельности всех его элементов. Успешное решение данной задачи в полной мере определяется наличием научно-обоснованных норм выполнения каждого элемента технологического процесса. Технические нормы служат основой для организации планирования работы флота в целом, они необходимы для организации высокопроизводительного труда персонала, планирования затрат на все виды деятельности по обеспечению транспортных функций.

Техническая норма – это мера затрат труда, времени, сырья, материалов на единицу продукции или мера количества продукции, которое может быть произведено в единицу времени при определенных технических средствах, организации и энерговооруженности производства. На основании технических норм разрабатываются производственные и финансово-экономические планы предприятий транспорта.

Технические нормы по эксплуатации флота разрабатываются эксплуатационным аппаратом пароходств, портов или научно-исследовательскими и проектными организациями. В зависимости от требуемой точности норм, детализации нормируемых операций, трудовых и материальных затрат на разработку норм применяются различные методы обоснования: аналитический, опытно-статистический, натуральных наблюдений.

4.2 Нормирование загрузки флота

Нормой загрузки грузового судна называется 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:

$$Q_s = \min(Q_s^B; Q_s^G), \quad (4.1)$$

где Q_s^B – максимальное количество заданного груза, которое может быть размещено в грузовых помещениях и на палубе судна, т;

Q_s^G – максимальное количество груза, при котором судно может безопасно двигаться по участку водного пути с заданной гарантированной глубиной, то есть при выполнении неравенства

$$T_s \leq H_r - \Delta h, \quad (4.2)$$

где T_s – эксплуатационная осадка судна, м;

H_r – минимальная гарантированная глубина судового хода на всем протяжении водного пути, м;

Δh – норма минимального запаса воды под днищем судна (см. таблицы 2.1, 2.2).

Тогда, зная величину осадки судна в груженом состоянии T_p (см. приложение А), значение Q_s^G можно установить по одной из нижеприведенных формул:

– если выполняется неравенство $T_p \leq H_r - \Delta h$, то судно может безопасно двигаться на всем протяжении водного пути загруженным на полную (регистровую) грузоподъемность Q_p (см. приложение А):

$$Q_s^G = Q_p; \quad (4.3)$$

– если $T_p > H_r - \Delta h$, то максимальное количество груза, при котором судно может безопасно двигаться по данному участку водного пути, определяется формулой

$$Q_s^G = \frac{Q_p}{(T_p - T_o)} (T_s - T_o), \quad (4.4)$$

где T_o – осадка судна в порожнем состоянии, м.

Необходимо отметить, что определение значения величины Q_s^G по формулам (4.2)–(4.4) будет актуально только в том случае, если флот, выбранный для освоения заданного грузопотока, по регистровой грузоподъемности не соответствует базовому судну. То есть в случае, если при обосновании выбора флота было установлено, что данное судно будет использоваться на перевозках загруженным не на полную

грузоподъемность, о чем в курсовом проекте, на стадии выбора флота, должны быть выполнены соответствующие пояснения и комментарии.

Максимальное количество груза, которое может быть размещено на судне, Q_3^B можно определить, например, путем сравнения удельной грузоподъемности судна w_c и удельного погрузочного объема груза $w_{гр}$, приведенного для разных родов грузов в таблице 4.1.

Удельная грузоподъемность судна определяет объем грузовых помещений, приходящийся на одну тонну грузоподъемности:

$$w_c = \frac{V_c}{Q_p}, \quad (4.5)$$

где V_c – грузоподъемность судна, м³;

Q_p – регистрационная грузоподъемность судна, т (см. приложение А).

Грузоподъемность судна называется суммарный объем всех грузовых помещений или/и объем пространства над палубой, в котором можно разместить грузы, не уменьшая зону видимости судового хода из рубки. Грузоподъемность судна аналитически можно определить по формуле

$$V_c = k_T V_{тр} + k_{п} S_{п} \overline{h_{скл}}, \quad (4.6)$$

где k_T – коэффициент использования объема трюмов перевозимым грузом;

$V_{тр}$ – объем трюмов судна, м³;

$k_{п}$ – коэффициент полноты штабеля груза при размещении его на палубе;

$S_{п}$ – площадь грузовой палубы судна, м²;

$\overline{h_{скл}}$ – средняя высота складирования груза на палубе, определяемая с учетом допустимой удельной нагрузки на палубу, остойчивости судна и видимости судового хода из рубки, м.

Значения составляющих формул (4.5) и (4.6) для транспортных судов (см. приложение А) приводятся в таблице 4.2.

Установив значения w_c и $w_{гр}$, определяется техническая норма загрузки грузового судна:

– если $w_c < w_{гр}$, то судно не может быть загружено таким «легким» грузом на полную грузоподъемность, так как ограничивающим фактором оказывается его грузоподъемность. В этом случае максимальное количество заданного груза, которое может быть размещено в грузовых помещениях и на палубе судна, определяется по формуле

$$Q_3^B = \frac{V_c}{w_{гр}}; \quad (4.7)$$

– если $w_c \geq w_{гр}$, то таким «тяжелым» грузом судно может быть загружено на полную грузоподъемность:

$$Q_s^B = Q_p. \quad (4.8)$$

Таблица 4.1 – Удельный погрузочный объем грузов

Род груза		Способ перевозк и и вид упаковки	Удельный погрузочный объем, м ³ /т	Род груза		Способ перевозк и и вид упаковки	Удельный погрузочный объем, м ³ /т
Алебастр молотый		Насыпью	3,00	Керамзит		Навалом	1,43
Антрацит		”	1,24	Кирпич		Без упаковки	0,44
Апатит, концентрат		Навалом	0,62	Кокс		Насыпью	2,38
Асфальт, битум, гудрон		”	0,74	Колчедан		”	0,83
		Мешки, бочки	1,10	Краски, лаки, красители		В упаковке	1,82
Бензин		Бочки	2,55	Крупа		Мешки	2,63
Бревна и столбы		Без упаковки	1,43	Лесоматериалы круглые		Навалом	2,67
Бумага и картон		Кипы	2,43	Лом стальной, чугунный, медный, латунный		”	1,82
Вата стеклянная и минеральная		Тюки	4,50	Масло минеральное, смазочное		Бочки	1,75
Вещевое имущество		”	3,50	Машины сельскохозяйственные, мелкие		Без упаковки	2,50
Галантерея		Ящики	2,80	Мебель разная		Ящики	3,33
Гипс (порошок)		Мешки	1,18	Медь – слитки, болванки		Навалом	0,22
Глина сухая, мелкокусковая		Насыпью	0,67	Мел, молотый		Насыпью	1,02
Гравий		Навалом	0,63			Мешки, кули	
Дрова		”	2,00	Мука		Мешки	1,45
Железо и сталь	листовое	Пакеты, пачки	0,27	Окатыши рудные		Навалом	0,53
	швеллерное	Без упаковки	0,44	Опилки древесные		”	4,10
	чушки	”	0,23	Песок влажный		”	0,51
Жидкости разные		Бочки	1,67	Песок сухой		”	0,71
		Бутылки в ящиках	1,82	Песчано-гравийная смесь		Насыпью	0,77
Зерно		Насыпью	1,30	Пиломатериалы		Без упаковки	1,90
		Мешки	1,42	Рельсы		”	0,39
Известняк, камень		Навалом	0,50	Руда		Навалом	0,77
Известь	гашеная	”	2,00	Соль		Насыпью	1,25
	негашеная	Мешки, ящики	1,18	Соль		Мешки	1,08
Изделия металлические крупные		Без упаковки	1,67	Стекло листовое		Ящики	1,42
Изделия металлические мелкие		Ящики	0,67	Суперфосфат		Насыпью	1,02
Кабель		Барабаны	2,12	Ткани		Кипы	2,55
				Торф кусковой		Навалом	2,03
Камень бутовый		Навалом	0,54	Трубы большого		Без упаковки	0,92
Каучук		Кипы	1,63				

Род груза		Способ перевозк и и вид упаковки	Удельный погрузочный объем, м ³ /т
диаме тра	малого	”	0,32
Уголь каменный		Навалом	1,22

Окончание таблицы 4.1

Род груза	Способ перевозк и и вид упаковки	Удельный погрузочный объем, м ³ /т	Род груза	Способ перевозк и и вид упаковки	Удельный погрузочный объем, м ³ /т
Фанера	Пачки	1,72	Шлак гранулированный	Навалом	1,33
Фрукты, овощи	Коробки	2,14			
Хлопок прессованный	Тюки	1,35	Шпалы деревянные	Без упаковки	1,72
Целлюлоза	Кипы	1,61			
Цемент	Насыпью	1,05	Щебень	Насыпью	0,63
	Мешки	0,85			

Таблица 4.2 – Объемные характеристики судов

Проект судна	Грузоподъемность, т	Характеристики складирования в трюме		Характеристики складирования на палубе		
		вместимость трюмов, м ³	k_t	площадь складирования, м ²	высота штабеля, м	k_n
<i>Самоходный грузовой флот</i>						
05074	10000	13800	0,9	—	—	—
507	5300	6260	0,9	—	—	—
507 Б	5000	6750	0,8	—	—	—
19610	4000	6875	0,8	—	—	—
488/А	3000	4807	0,9	—	—	—
21-88	2000	3500	0,8	—	—	—
576	2000	3152	0,8	—	—	—
781	2000	3467	0,8	—	—	—
2-95	2700	4750	0,8	—	—	—
1557	2700	4297	0,9	—	—	—
1743	1900	4370	0,9	—	—	—
292	2100	4811	0,8	—	—	—
613	2000	3475	0,8	—	—	—
11	2000	3206	0,8	—	—	—
Р 97	1930	—	—	749	1,8	0,7
Р 25	1500	2500	0,9	—	—	—
Р 168	1410	2260	0,8	—	—	—
936	1300	1820	0,8	—	—	—
559 Б	1200	—	—	690	2,0	0,8
326	1000	1970	1,0	—	—	—
573	1000	1450	0,9	—	—	—
СК-2000	900	1210	1,0	—	—	—
Р 40	800	—	—	515	1,4	0,7
95065	725	926	0,8	—	—	—
276	700	936	0,8	250	1,0	0,8
765	600	985	0,8	—	—	—
414 А	600	—	—	345	1,0	0,8
191	600	2336	0,9	—	—	—
912 А	350	372	0,8	—	—	—
926	300	323	0,9	—	—	—
821	150	463	0,9	—	—	—

890	150	144	0,9	—	—	—
-----	-----	-----	-----	---	---	---

Окончание таблицы 4.2

Проект судна	Грузоподъемность, т	Характеристики складирования в трюме		Характеристики складирования на палубе		
		вместимость трюмов, м ³	k_T	площадь складирования, м ²	высота штабеля, м	k_n
М-104	60	90	0,9	—	—	—
220	25	42	0,9	—	—	—
<i>Несамоходный грузовой флот</i>						
81300	5000	—	—	1205	2,0	0,8
1745	4500	4780	0,9	—	—	—
P79	3800	4100	0,8	—	—	—
P79A	3750	4030	0,8	—	—	—
P29	3000	4045	0,9	—	—	—
461Б	3000	3280	0,8	—	—	—
P56	2800	—	—	1201	1,8	0,8
P85	2500	1250	0,9	—	—	—
P171	2500	—	—	940	1,2	0,8
462	1800	2355	0,8	—	—	—
567	1800	2100	0,8	—	—	—
209	1700	—	—	700	1,0	0,8
P137	1500	3028	0,8	—	—	—
561	1400	—	—	881	1,2	0,8
P113	1200	1200	0,9	—	—	—
565	1000	—	—	530	1,0	0,8
278	1000	—	—	850	1,0	0,8
2350	1000	500	1,0	—	—	—
Фин-1000	1000	1790	0,8	—	—	—
943	600	—	—	850	1,2	0,8
943A	600	—	—	850	1,2	0,7
943Т	600	—	—	850	1,2	0,7
81218	600	—	—	486	0,9	0,7
P57	600	305	0,8	—	—	—
562	550	722	0,8	—	—	—
81212	400	—	—	330	0,8	0,7
P90	400	720	0,9	—	—	—
183Б	200	—	—	163	0,8	0,6
51Б	120	—	—	132	0,8	0,7
P127	120	200	0,9	—	—	—
581A	60	—	—	66	0,6	0,7
581M	60	72	0,9	—	—	—

Пример 4.1 Установить норму загрузки теплохода проекта 1743 мукой (в мешках) для перевозки по водному пути с минимальной гарантированной глубиной 3,0 м.

Решение.

По формуле (4.2) устанавливается эксплуатационная осадка судна проекта 1743, при которой оно может безопасно двигаться на заданном участке водного пути:

$$T_3 = 3,00 - 0,15 = 2,85 \text{ м.}$$

Учитывая, что $T_p < T_3$ ($2,51 < 2,85$ м), применяется формула (4.3), то есть $Q_s^\Gamma = Q_p = 1900$ т.

Максимальное количество груза, которое может быть размещено на судне, Q_s^B определяется на основании сравнения удельного погрузочного объема муки (см. таблицу 4.1) – $1,45 \text{ м}^3/\text{т}$ и удельной грузоподъемности судна w_c по формулам (4.5) и (4.6):

$$V_c = 0,9 \cdot 4370 = 3933 \text{ м}^3;$$

$$w_c = \frac{3933}{1900} = 2,07 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Как видно, $w_c \geq w_{гр}$, следовательно, применима формула (4.8):

$$Q_s^B = 1900 \text{ т.}$$

На основании сравнения значений Q_s^B и Q_s^Γ по формуле (4.1) определяется норма загрузки теплохода заданным грузом:

$$Q_s = \min(1900; 1900) = 1900 \text{ т.}$$

Следует отметить, что в рассмотренном примере наблюдается равенство параметров Q_s , Q_p , Q_s^B и Q_s^Γ . Данный факт говорит о том, что применение рассматриваемого судна при перевозке муки на заданном водном пути оптимально с эксплуатационной точки зрения. Это обусловлено тем, что в качестве исходных данных для рассмотренного примера выступали исходные данные примера обоснования выбора судна, выполненного в подразд. 2.2.

4.3 Нормирование ходового времени и скорости движения флота

Время хода судна на участке водного пути определяется по формуле

$$t_x = \frac{l}{U}, \quad (4.9)$$

где l – протяженность участка с относительно постоянными условиями судоходства, км;

U – техническая норма скорости движения флота на данном участке, км/ч.

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:

$$U = v \pm w, \quad (4.10)$$

где v – расчетная скорость судна (состава), км/ч;

w – приращения (+) или потери (–) расчетной скорости, зависящие от направления движения, характеристик судового хода и изменения режима движения флота при встречах, обгонах, на перекатах, закруглениях судового хода, км/ч.

Расчетная скорость грузового самоходного судна на глубокой спокойной воде для груженого и порожнего состояний является его паспортной характеристикой и приводится в приложении А. Значения расчетной скорости грузового самоходного судна при других значениях эксплуатационной грузоподъемности и, соответственно, осадки могут быть получены графически (рисунок 4.1) или путем линейной интерполяции по формулам:

$$v = v_0 - \frac{v_0 - v_{гр}}{T_p - T_0} (T_s - T_0), \quad (4.11)$$

$$v = v_0 + \frac{v_{гр} - v_0}{Q_p} Q_s, \quad (4.12)$$

где v_0 – скорость судна в порожнем состоянии, км/ч;

$v_{гр}$ – скорость судна в груженом состоянии, км/ч;

T_0 – осадка и грузоподъемность судна в порожнем состоянии, м;

T_p, Q_p – регистровые осадка и грузоподъемность, м;

T_s, Q_s – эксплуатационные осадка и грузоподъемность судна, м.

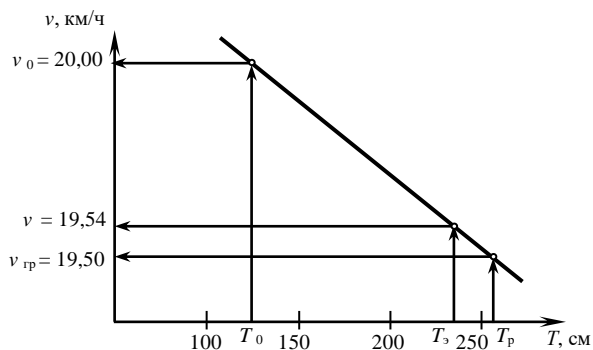


Рисунок 4.1 – Изменение скорости теплохода в зависимости от осадки

Расчетная скорость состава несамоходных судов 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.

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) v и режима его движения. Баржевый состав, как и любое транспортное судно, при движении имеет три режима: ускоренное ($F_d > \Sigma R$), установившееся ($F_d = \Sigma R$) и замедленное ($F_d < \Sigma R$).

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 $v = \gamma(\Sigma R)$ и движущей силы $v = \Psi(F_d)$, 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).

Сопротивление воды движению судна, как говорилось ранее, зависит от осадки и увеличивается пропорционально скорости его движения. 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 толкаемому составу, 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 4.2).

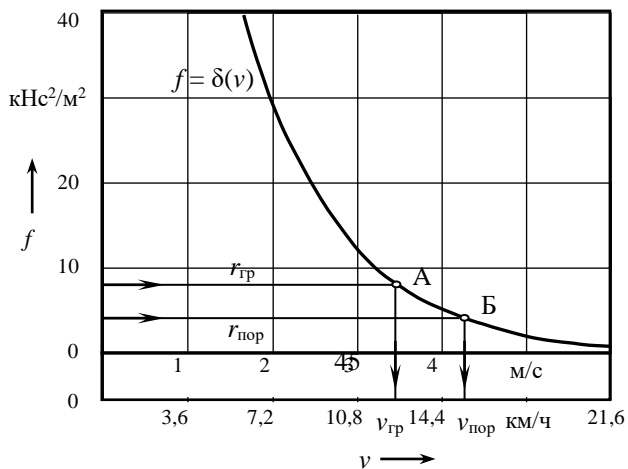


Рисунок 4.2 – Графическое решение задачи определения расчетной скорости движения состава несамоходных судов

На рисунке 4.2 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 позволит определить расчетную скорость состава соответственно с грузом $v_{гр}$ и в порожнем состоянии $v_{пор}$.

С учетом вышеописанной методики решение тяговой задачи аналитически осуществляется по следующему алгоритму:

1 Устанавливаются исходные данные, в качестве которых выступают :

- вид состава (толкаемый или буксируемый);
- количество барж в составе;
- типы несамоходных судов;
- форма счала судов;
- величина осадки каждой баржи.

2 Рассчитывается приведенное сопротивление воды движению состава по формуле

$$r = k_{сч} \sum_{i=1}^n r_{н/с i} , \quad (4.13)$$

где $k_{сч}$ – коэффициент счала;

n – количество судов в составе;

$r_{н/с i}$ – приведенное сопротивление воды движению i -й баржи, $\text{кНс}^2/\text{м}^2$.

Значения приведенного сопротивления воды движению несамоходного флота определяются заводом-изготовителем судна, являются его паспортной характеристикой и приводятся в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Значение приведенного сопротивления воды движению несамоходного флота

Проект	Приведенное сопротивление воды движению судна, $\text{кНс}^2/\text{м}^2$, в состоянии		Проект	Приведенное сопротивление воды движению судна, $\text{кНс}^2/\text{м}^2$, в состоянии	
	груженом	порожнем		груженом	порожнем
<i>Сухогрузный флот</i>			461Б	4,40	1,94
81300	4,79	3,26	P56	4,67	2,21
1745	3,07	1,60	P85	4,65	2,17
P79	3,46	2,60	P171	4,65	2,11
P79А	3,24	1,67	462	4,00	2,47
P29	5,35	2,27	567	3,97	2,39
			209	3,64	2,42

Проект	Приведенное сопротивление воды движению судна, $\text{кНс}^2/\text{м}^2$, в состоянии		Проект	Приведенное сопротивление воды движению судна, $\text{кНс}^2/\text{м}^2$, в состоянии	
	груженом	порожнем		груженом	порожнем
P137	3,59	2,70	943 А	3,10	2,38
561	3,52	2,67	943Т	2,79	1,90
P113	3,50	2,65	1218	2,62	1,88
565	3,49	2,62	P57	2,93	1,76
278	3,40	2,58	562	2,69	1,42
2350	3,20	2,55	P110	2,58	1,40
Фин-1000	3,67	2,81	81212	2,52	1,37
943	3,21	2,43	P90	2,50	1,30

Окончание таблицы 4.3

Проект	Приведенное сопротивление воды движению судна, $\text{кНс}^2/\text{м}^2$, в состоянии		Проект	Приведенное сопротивление воды движению судна, $\text{кНс}^2/\text{м}^2$, в состоянии	
	груженом	порожнем		груженом	порожнем
183Б	2,50	1,27	458	4,22	3,01
51Б	2,41	1,13	232	2,31	1,17
P127	2,32	1,01	НФ-77	2,30	1,25
581А	2,27	0,93	P63	2,27	1,22
<i>Нефтеналивной флот</i>			678	2,25	1,20
P43	5,29	3,86	286	2,25	1,17
P27	4,00	2,51			

Значение коэффициента счала в зависимости от формы состава и вида транспортирования (толканием или буксированием) устанавливается по данным таблицы 4.4.

Таблица 4.4 – Значение коэффициентов счала для составов

Вид счала состава с толкачем (Т) или буксировщиком (Б)	Толкаемый состав в состоянии		Буксируемый состав в состоянии	
	груженом	порожнем	груженом	порожнем
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

3 Принимая во внимание, что $f = r$, по данным таблицы 4.5 строится график зависимости приведенной силы тяги (сопротивления воды движению состава) от скорости движения соответствующего буксира-толкача и графически определяется значение расчетной скорости v движения состава.

Расчетную скорость состава по данным таблицы 4.5 можно определить и аналитически – методом интерполяции.

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, вследствие 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 главной двигательной установки), либо увеличить грузовую массу состава путем выбора барж с большей регистрацией грузоподъемностью или добавив к составу дополнительные баржи, изменив форму счала состава.

Таблица 4.5 – Значения приведенной силы тяги буксирных судов

Проект судна	Мощность, кВт	Скорость движения без состава, км/ч	Приведенная сила тяги, кНс ² /м ² , при скорости движения, км/ч																		
			7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	17,0	20,0
947	2941	25,8	144,3	128,8	113,2	100,0	84,4	73,3	66,0	53,3	46,6	41,1	36,6	33,3	30,0	27,8	24,4	20,2	18,1	14,3	11,8
Н 3290	1765	22,0	69,9	59,9	52,2	45,5	41,1	34,4	29,9	26,6	23,3	21,1	18,9	16,7	14,4	12,2	10,0	8,9	8,0	7,5	7,2
428	1470	23,0	65,5	54,4	45,5	38,9	34,5	30,0	26,6	23,3	21,1	18,9	16,7	14,4	12,2	10,0	8,9	7,9	7,0	6,7	6,5
4282	1470	23,0	57,7	51,1	44,4	38,9	32,2	27,7	24,4	21,1	18,8	16,7	15,5	12,7	12,2	10,0	8,9	7,6	6,8	6,3	6,1
P153	1104	20,9	53,1	42,2	33,3	28,9	24,4	22,0	18,9	16,7	15,5	13,3	12,2	11,1	11,1	11,1	11,1	10,6	10,5	10,5	—
92-049	1030	16,5	44,4	37,7	33,3	26,6	21,1	17,8	14,4	12,2	10,0	8,9	7,8	5,6	5,0	4,9	4,9	4,9	4,2	—	—
Н 3180	1030	20,9	39,0	33,0	26,6	24,0	21,1	18,9	16,6	14,7	13,1	11,7	10,0	8,6	7,4	6,7	6,5	6,5	5,3	4,2	3,2
112А	986	21,0	41,2	36,8	31,0	27,2	23,4	20,5	17,9	15,7	13,8	12,2	10,9	9,8	8,3	7,4	6,4	6,2	5,9	—	—
749Б	986	21,0	41,1	35,8	30,0	25,2	21,1	17,9	15,0	12,8	10,6	8,9	8,0	6,5	5,4	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
749	883	21,0	32,8	33,0	26,6	23,0	20,5	17,9	16,0	14,4	12,5	11,5	10,0	8,6	7,4	6,7	6,5	6,5	5,1	4,1	3,1
3801-С	773	19,0	29,1	25,0	21,8	18,2	16,0	13,4	11,5	10,0	8,6	7,4	6,4	5,4	4,9	4,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0
P33	589	20,5	28,4	24,4	21,0	18,4	15,7	13,7	11,6	10,3	9,0	8,0	7,1	6,5	5,7	5,0	4,4	4,2	4,2	4,1	4,1
P131	589	20,5	28,4	24,4	20,9	18,2	15,6	13,0	10,9	9,5	8,6	7,4	6,5	5,7	4,9	4,8	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4
Ч 800	586	18,3	26,7	23,1	20,0	16,8	14,5	12,2	10,0	9,0	8,0	7,1	6,5	5,6	4,9	4,9	4,9	4,8	4,3	—	—
P-47	442	18,3	21,6	18,3	15,9	13,7	12,0	10,3	9,0	8,0	6,7	6,1	5,5	4,2	3,8	2,9	2,3	2,1	2,0	—	—
10	442	18,0	20,5	17,8	15,0	13,1	11,3	9,9	8,5	7,2	6,3	5,4	4,5	4,0	3,4	2,9	2,5	2,2	2,0	—	—
887	442	18,8	16,9	14,6	12,6	10,6	8,0	7,7	6,7	5,8	4,9	4,3	3,6	3,1	2,7	2,3	2,1	2,1	2,0	—	—
908	331	20,4	16,4	14,0	11,9	10,0	7,9	7,4	6,4	5,4	4,5	4,0	3,4	3,0	2,6	2,3	2,1	2,1	1,8	1,6	1,6
81351	221	17,0	11,9	10,3	9,0	7,7	6,4	5,8	5,0	4,4	3,8	3,2	2,9	2,5	2,3	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	—
911В	221	16,9	11,2	9,7	8,5	7,4	6,2	5,4	4,9	4,1	3,7	3,0	2,8	2,6	2,3	1,8	1,6	1,6	1,2	—	—
P96	110	14,9	7,4	6,1	5,0	4,1	3,7	3,1	2,7	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	—	—	—

Пример 4.2 Установить норму скорости движения теплохода проекта 1743, загруженного на 1300 тонн, и состава из 2 несамоходных судов проекта Р56, загруженных на полную грузоподъемность, с формой счала Т+2, перемещаемого буксиром-толкачем проекта Р33, по водному пути с приращением скорости 2,7 км/ч.

Решение.

Так как теплоход проекта 1743 ($v_0 = 20,0$ км/ч, $v_{гр} = 19,5$ км/ч, $Q_p = 1900$ т) загружен не на полную грузоподъемность ($Q_s = 1300$ т), расчетная скорость его движения рассчитывается по формуле (4.11):

$$v_{1743} = 20,0 + \frac{19,5 - 20,0}{1900 - 1300} \cdot 1300 = 18,9 \text{ км/ч,}$$

а норма скорости (техническая скорость движения по участку водного пути), по формуле (4.8):

$$U_{1743} = 18,9 + 2,7 = 21,6 \text{ км/ч.}$$

Для определения нормы скорости состава несамоходных судов по таблице 4.3 устанавливается приведенное сопротивление воды движению одной баржи проекта Р56 в груженом состоянии, которое составляет $4,67 \text{ кНс}^2/\text{м}^2$. По таблице 4.4 устанавливается коэффициент счала груженого состава формы Т+2: 0,86. По формуле (4.12) определяется приведенное сопротивление воды движению всего состава несамоходных судов:

$$r = 0,86 \cdot (4,67 + 4,67) = 8,03 \text{ кНс}^2 / \text{м}^2.$$

На основании данных таблицы 4.5 для буксира-толкача проекта Р33 строится график зависимости приведенной силы тяги толкача от скорости движения состава, на котором по оси ординат откладывается приведенное сопротивление воды движению заданного состава: $8,03 \text{ кНс}^2/\text{м}^2$, и определяется расчетная скорость v (рисунок 4.3).

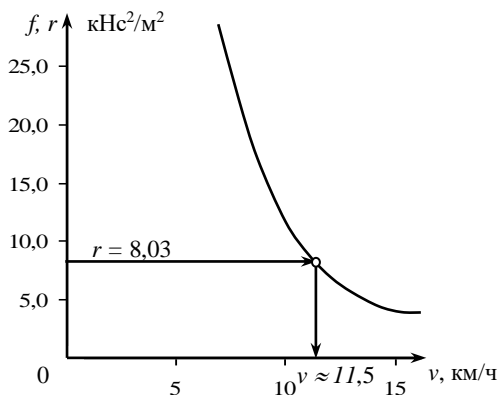


Рисунок 4.3 – Определение расчетной скорости движения состава

Правильность графического решения можно проверить, интерполируя соответствующие значения таблицы 4.5:

$$v = 11,0 + \frac{11,5 - 11,0}{8,0 - 9,0} \cdot (8,03 - 9,00) = 11,49 \text{ км/ч.}$$

Как видно, графическое и аналитическое решения совпадают в пределах точности построения графика.

По формуле (4.8) определяется норма скорости движения заданного состава по водному пути:

$$U_{1743} = 11,5 + 2,7 = 14,2 \text{ км/ч.}$$

Вывод: для обозначенных условий скорость движения теплохода проекта 1743 составляет 18,9 км/ч, состава – 14,2 км/ч.

4.4 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 судно или выгружено из него за один час стоянки под грузовыми операциями. Судо-часовые нормы подразделяются на единые (общие) и специальные: первые устанавливаются на основе сложившейся технологии перегрузочных работ и технической оснащенности 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 устанавливаются с учетом конструкции судов, их грузоподъемности и рода перевозимого груза (таблицы 4.6, 4.7).

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 норму времени грузовой обработки по формуле

$$t_{п(в)} = \frac{Q_s}{B_{п(в)}} , \quad (4.14)$$

где Q_s – эксплуатационная грузоподъемность судна, 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 специализированный причал, неизбежна последовательная обработка судов и время грузовой обработки состава в этом случае определяется по формуле

$$t_{п(в)}^c = \sum_{i=1}^n t_{п(в)i} , \quad (4.15)$$

где n – число судов в составе.

Пример 4.3 Определить норму продолжительности разгрузки состава самоходных судов, постоянно закрепленного за тягой из 2 барж проекта Р56, загруженных на полную грузоподъемность металлом. При расчете нормы учесть, что состав для выполнения грузовой обработки не расформируется.

Решение.

В соответствии с условием задачи и данными приложения А (см. таблицу А.3) норма загрузки состава $Q_s = Q_p = 2 \cdot 2800 = 5600$ т.

По данным таблицы 4.6 судо-часовая норма выгрузки металла из судна I типа (баржа-площадка) грузоподъемностью 2800 т составляет 67 т/ч, следовательно, норма разгрузки состава:

$$t_{п(в)} = \frac{5600}{67} = 83,6 \text{ ч} = 3,48 \text{ сут.}$$

Судо-часовые нормы, установленные по таблице 4.6, дают лишь усредненное значение продолжительности грузовой обработки. Более точно установить нормы времени грузовой обработки для конкретного судна, груза, порта, причала и схемы механизации позволяет использование формулы

$$t_{п(в)} = \frac{Q_s}{p_s} , \quad (4.16)$$

где p_s – эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочной машины, т/ч.

Эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочной машины – это количество погруженного или выгруженного ей груза за один час работы с учетом всех технологических остановок и перерывов в работе, устанавливаемых технологической картой грузовой обработки по соответствующей схеме механизации. Данный параметр может

рассчитываться и для других промежутков времени, например, суток, месяца или навигации.

Таблица 4.6 – Судовые нормы времени грузовых работ по основным сухогрузам

В тоннах в час

Груз	Вид работ	Грузоподъемность, т, и тип судна (I–IV)															
		до 500				501–1900				1901–3000				свыше 3000			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Алебастр	Погрузка	—	20	18	17	—	44	38	36	—	55	48	46	—	77	66	62
	Выгрузка	—	18	16	14	—	40	34	32	—	50	43	40	—	70	59	56
Антрацит	Погрузка	23	23	20	19	52	50	43	41	65	62	54	51	90	86	75	70
	Выгрузка	23	21	18	16	50	45	38	36	62	57	49	45	86	78	67	63
Апатит	Погрузка	26	25	22	21	58	55	48	45	72	69	60	57	100	96	83	78
	Выгрузка	25	23	20	18	55	50	42	40	69	63	54	50	96	87	74	70
Асфальт, битум, гудрон	Погрузка	—	28	24	23	—	61	53	50	—	76	66	63	—	106	91	86
	Выгрузка	—	25	22	20	—	55	46	44	—	69	59	55	—	96	81	77
Бензин в бочках	Погрузка	24	22	20	18	44	40	36	32	49	44	40	36	55	50	45	42
	Выгрузка	22	20	18	16	40	36	33	29	44	40	36	32	50	45	40	38
Бревна и столбы	Погрузка	26	24	22	—	46	42	37	—	52	47	42	—	59	54	48	—
	Выгрузка	24	22	20	—	42	37	33	—	47	43	37	—	53	49	43	—
Бумага, картон в кипах	Погрузка	—	17	15	13	—	30	27	24	—	33	29	26	—	37	33	28
	Выгрузка	—	15	14	12	—	27	24	21	—	29	26	24	—	33	30	25
Гипс в мешках	Погрузка	—	25	22	21	—	55	48	45	—	69	60	57	—	96	83	78
	Выгрузка	—	23	20	18	—	50	42	40	—	63	54	50	—	87	74	70
Глина сухая насыпью	Погрузка	—	34	30	29	—	75	65	61	—	94	82	78	—	131	113	106
	Выгрузка	—	31	27	24	—	68	57	54	—	86	73	68	—	118	101	95
Гравий	Погрузка	76	66	63	—	114	104	90	—	177	161	146	—	206	187	150	—
	Выгрузка	66	60	51	—	104	95	81	—	154	140	119	—	168	153	122	—
Дрова	Погрузка	26	24	22	—	46	42	37	—	52	47	42	—	59	54	48	—
	Выгрузка	24	22	20	—	42	37	33	—	47	43	37	—	53	49	43	—
Железнодорожный концентрат	Погрузка	70	61	58	—	127	115	104	—	174	158	126	—	221	201	162	—
	Выгрузка	61	55	47	—	110	100	85	—	142	130	103	—	181	165	132	—
Железо листовое	Погрузка	37	34	31	27	67	61	55	49	74	67	60	54	83	75	68	64
	Выгрузка	33	31	28	24	60	55	50	44	67	60	54	49	75	68	61	57

Продолжение таблицы 4.6

Груз		Вид работ	Грузоподъемность, т, и тип судна (I–IV)															
			до 500				501–1900				1901–3000				свыше 3000			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Железо	швеллерное	Погрузка	26	24	22	19	47	43	39	34	52	47	42	38	58	53	48	44
		Выгрузка	23	22	20	17	42	39	35	31	47	42	38	34	53	48	43	40
	в чушках	Погрузка	41	37	34	30	74	67	61	54	81	74	66	59	91	83	75	71
		Выгрузка	36	34	31	26	66	61	55	48	74	66	59	54	83	75	67	62
Жидкости в бочках		Погрузка	24	22	20	18	44	40	36	32	49	44	40	36	55	50	45	38
		Выгрузка	22	20	18	16	40	36	33	29	44	40	36	32	50	45	40	34
Жидкости в бутылках в ящиках		Погрузка	—	20	18	16	—	35	32	28	—	39	35	31	—	44	39	35
		Выгрузка	—	18	16	14	—	32	29	26	—	35	31	28	—	39	35	33
Зерно		Погрузка	—	44	38	36	—	55	48	45	—	60	54	48	—	68	61	—
		Выгрузка	—	40	34	29	—	50	44	37	—	54	49	43	—	61	55	—
Известняк		Погрузка	—	25	22	21	—	55	48	45	—	69	60	57	—	96	83	78
		Выгрузка	—	23	20	18	—	50	42	40	—	63	54	50	—	87	74	70
Известь	навалом	Погрузка	—	23	20	19	—	50	43	41	—	62	54	51	—	86	75	70
		Выгрузка	—	21	18	16	—	45	38	36	—	57	49	45	—	78	67	63
	в мешках	Погрузка	—	20	18	17	—	45	39	37	—	57	49	47	—	79	68	64
		Выгрузка	—	19	16	15	—	41	34	33	—	52	44	41	—	71	61	57
Камень всякий		Погрузка	40	38	33	—	58	55	48	—	89	77	73	—	101	92	74	—
		Выгрузка	38	35	30	—	55	50	42	—	77	70	60	—	91	83	67	—
Изделия металлические	крупные	Погрузка	33	30	27	24	59	54	48	43	65	59	53	48	73	66	60	—
		Выгрузка	29	27	25	21	53	48	44	39	59	53	48	43	66	60	54	—
	мелкие	Погрузка	35	33	30	26	64	59	53	47	71	64	58	52	80	72	65	—
		Выгрузка	32	30	27	23	58	53	48	42	64	58	52	47	72	65	59	—
Кабель		Погрузка	20	19	17	16	44	41	36	34	54	52	45	43	75	72	63	59
		Выгрузка	19	17	15	14	41	38	32	30	52	47	41	38	72	66	56	53
Камень бутовый		Погрузка	22	21	18	18	49	46	40	38	60	58	50	48	84	80	69	65
		Выгрузка	21	19	17	15	46	42	35	33	58	53	45	42	80	73	62	59
Каучук		Погрузка	30	29	25	—	44	42	36	—	58	52	43	—	77	70	56	—
		Выгрузка	29	27	23	—	42	38	32	—	52	47	38	—	69	63	51	—

Керамзит	Погрузка	61	53	48	—	93	84	67	—	139	126	101	—	169	153	123	—
	Выгрузка	49	45	39	—	76	70	56	—	114	103	83	—	138	125	100	—
Кирпич	Погрузка	40	38	33	—	58	55	48	—	76	69	56	—	101	92	74	—
	Выгрузка	38	35	30	—	55	50	42	—	68	62	50	—	91	83	67	—
Кокс	Погрузка	63	55	49	—	95	87	69	—	143	130	104	—	174	158	127	—
	Выгрузка	51	46	40	—	79	72	57	—	117	106	85	—	142	129	103	—
Колчедан	Погрузка	24	22	20	18	44	40	36	32	49	44	40	36	55	50	45	—
	Выгрузка	22	20	18	16	40	36	33	29	44	40	36	32	50	45	40	—
Краски, лаки, красители в упаковке	Погрузка	46	44	38	36	58	55	48	45	66	60	54	48	74	68	61	—
	Выгрузка	44	40	34	29	55	50	44	37	60	54	49	43	66	61	55	—
Крупа	Погрузка	—	30	24	21	—	45	40	37	—	55	44	41	—	74	60	54
	Выгрузка	—	27	22	20	—	41	36	34	—	50	40	36	—	67	54	50
Лесоматериалы – круглые, балансы, пропсы, дрова	Погрузка	24	22	20	—	44	40	36	—	49	44	40	—	55	50	45	—
	Выгрузка	22	20	18	—	40	36	33	—	44	40	36	—	50	45	40	—
Масло минеральное, смазочное в бочках	Погрузка	22	21	19	16	41	37	33	30	45	41	36	33	50	46	41	—
	Выгрузка	20	19	17	15	36	33	30	27	41	36	33	30	46	41	37	—
Машины сельскохозяйственные, мелкие	Погрузка	24	22	18	—	37	33	29	—	45	40	32	—	59	54	44	—
	Выгрузка	22	20	16	—	33	30	26	—	40	37	29	—	53	49	39	—
Мебель в ящиках	Погрузка	33	30	28	24	60	54	49	44	66	60	53	48	74	67	61	57
	Выгрузка	29	28	25	21	53	49	45	39	60	53	48	44	67	61	54	48
Мел в мешках	Погрузка	—	34	31	27	—	61	55	49	—	67	60	54	—	75	68	—
	Выгрузка	—	31	28	24	—	55	50	44	—	60	54	49	—	68	61	—
Металл сортовой	Погрузка	28	26	23	21	44	39	35	32	50	46	42	37	58	51	47	42
	Выгрузка	25	23	21	19	39	35	32	29	46	42	37	33	52	46	42	37
Металлолом	Погрузка	76	66	63	—	114	104	90	—	171	156	142	—	206	187	150	—
	Выгрузка	66	60	51	—	104	95	81	—	149	135	115	—	168	153	122	—
Мука	Погрузка	—	26	23	21	—	39	35	32	—	46	42	37	—	51	47	—
	Выгрузка	—	23	21	19	—	35	32	26	—	42	37	33	—	46	42	—
Опилки древесные	Погрузка	86	82	71	—	177	161	146	—	205	184	171	—	274	247	223	—
	Выгрузка	82	75	64	—	159	146	131	—	182	165	153	—	245	223	200	—
Песок сухой	Погрузка	86	82	62	—	177	161	146	—	218	198	182	—	291	265	239	—

	Выгрузка	82	75	64	—	159	146	131	—	196	178	164	—	262	239	215	—
--	----------	----	----	----	---	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	---

Окончание таблицы 4.6

Груз		Вид работ	узоподъемность, т, и тип судна (I-IV)															
			до 500				501-1900				1901-3000				свыше 3000			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Песок	сухой	Погрузка	86	82	62	—	177	161	146	—	218	198	182	—	291	265	239	—
		Выгрузка	82	75	64	—	159	146	131	—	196	178	164	—	262	239	215	—
	сырой	Погрузка	76	66	63	—	114	104	90	—	177	161	146	—	206	187	150	—
		Выгрузка	66	60	51	—	104	95	81	—	154	140	119	—	168	153	122	—
Песчано-гравийная смесь		Погрузка	37	34	31	—	67	61	55	—	74	67	60	—	83	75	68	—
		Выгрузка	33	31	28	—	60	55	50	—	67	60	54	—	75	68	61	—
Пиломатериалы всех пород		Погрузка	41	37	34	30	74	67	61	54	81	74	66	59	91	83	75	72
		Выгрузка	36	34	31	26	66	61	55	48	74	66	59	54	83	75	67	66
Рельсы		Погрузка	70	61	58	—	126	121	104	—	177	161	146	—	221	201	162	—
		Выгрузка	61	55	47	—	121	110	94	—	154	140	119	—	181	165	132	—
Руда (железная, марганцевая, серный колчедан)		Погрузка	51	44	42	—	90	82	73	—	132	120	108	—	160	145	130	—
		Выгрузка	44	40	34	—	82	75	64	—	108	98	88	—	131	119	106	—
Соль		Погрузка	18	17	15	13	33	30	27	24	36	33	29	26	41	37	33	29
		Выгрузка	16	15	14	12	29	27	25	22	33	29	26	24	37	33	30	24
Стекло		Погрузка	50	43	41	37	88	80	72	64	129	118	106	94	157	142	127	121
		Выгрузка	43	39	33	29	80	74	63	59	106	96	86	82	128	117	104	100
Суперфосфат		Погрузка	16	15	14	12	30	27	24	22	33	30	26	24	37	33	30	27
		Выгрузка	15	14	12	11	26	24	22	19	30	26	24	22	33	30	27	24
Ткани		Погрузка	—	52	49	44	—	85	80	75	—	116	93	84	—	152	121	109
		Выгрузка	—	46	39	35	—	77	66	61	—	95	76	70	—	124	99	91
Торф		Погрузка	25	23	21	19	46	42	38	34	51	46	41	37	57	51	47	44
		Выгрузка	23	21	19	16	41	38	34	30	46	41	37	34	51	47	42	38
Трубы диаметра	большого	Погрузка	30	28	26	—	55	50	45	—	61	55	49	—	68	62	56	—
		Выгрузка	27	26	23	—	49	45	41	—	55	49	44	—	62	56	50	—
	малого	Погрузка	85	74	70	—	139	121	114	—	183	166	133	—	239	217	173	—
		Выгрузка	72	65	55	—	121	110	94	—	149	136	109	—	195	177	141	—
Уголь каменный		Погрузка	34	31	28	24	59	54	48	44	67	61	54	51	76	70	62	57

	Выгрузка	31	28	26	22	54	48	43	40	61	55	48	46	68	63	55	53
Фанера	Погрузка	20	18	16	14	35	32	29	26	39	35	32	29	44	40	36	32
	Выгрузка	17	16	15	13		29	26	23	35	32	29	26	40	36	32	28
Фрукты, овощи в коробках	Погрузка	16	15	14	12	30	27	24	22	33	30	26	24	37	33	30	26
	Выгрузка	15	14	12	11	26	24	22	19	30	26	24	22	33	30	27	24
Хлопок прессованный	Погрузка	15	14	13	11	27	25	22	20	30	27	24	22	34	30	28	26
	Выгрузка	13	13	11	10	24	22	20	18	27	24	22	20	30	28	25	22
Целлюлоза	Погрузка	40	38	33	31	60	55	50	45	77	70	63	56	108	97	87	—
	Выгрузка	38	35	30	25	54	50	45	41	69	63	57	50	97	87	78	—
Цемент	Погрузка	16	15	13	12	29	26	24	21	32	29	26	23	36	32	29	28
	Выгрузка	14	13	12	10	26	24	21	19	29	26	23	21	32	29	26	24
Шерсть прессованная	Погрузка	69	66	57	—	109	104	99	—	154	140	112	—	196	178	143	—
	Выгрузка	72	65	55	—	140	127	117	—	172	155	140	—	220	202	180	—
Шлак гранулированный	Погрузка	74	65	58	—	113	103	82	—	169	154	123	—	206	187	150	—
	Выгрузка	60	55	47	—	93	85	68	—	139	126	101	—	168	153	122	—
Щебень любой фракции	Погрузка	39	36	33	—	67	61	55	—	74	67	60	—	83	75	68	—
	Выгрузка	35	32	30	—	60	55	50	—	67	60	54	—	75	68	61	—
Шпалы, брусья всех пород любой длины	Погрузка	26	24	22	—	46	42	37	—	52	47	42	—	59	54	48	—
	Выгрузка	24	22	20	—	42	37	33	—	47	43	37	—	53	49	43	—
Примечание – К типу I относятся суда-площадки, II – открытые, III – полуоткрытые, IV – закрытые суда.																	

Таблица 4.7 – Судовые нормы времени грузовых работ для нефтеналивных судов

В тоннах в час

Навигационный объем грузовых работ на причале, т	Диаметр грузового трубопровода, мм	Грузоподъемность танкера, т								
		400–1000			1001–2500			2501 и более		
		Светлые нефтепродукты	Бензин	Темные нефтепродукты	Светлые нефтепродукты	Бензин	Темные нефтепродукты	Светлые нефтепродукты	Бензин	Темные нефтепродукты
<i>Загрузка (налив)</i>										
До 5000	До 100	60	60	45	80	70	85	85	70	
		70	70	55	95	80	110	110	85	

	200	80	80	70	120	120	95	145	145	145
	Более 250	95	95	80	140	140	115	180	180	145

Окончание таблицы 4.7

Навигационный объем грузовых работ на причале, т	Диаметр грузового трубопровода, мм	Грузоподъемность танкера, т								
		400–1000			1001–2500			2501 и более		
		Светлые нефтепродукты	Бензин	Темные нефтепродукты	Светлые нефтепродукты	Бензин	Темные нефтепродукты	Светлые нефтепродукты	Бензин	Темные нефтепродукты
5001–15000	До 100	80	70	70	95	95	80	130	120	100
	150	135	120	110	190	190	150	220	220	180
	200	135	120	110	270	270	215	290	290	230
	Более 250	135	120	110	340	290	270	380	380	305
15001 и более	До 100	135	95	110	150	115	120	170	120	130
	150	135	120	110	260	225	200	335	275	270
	200	135	120	110	340	290	285	455	450	365
	Более 250	135	120	110	340	290	285	530	450	420
<i>Разгрузка (слив)</i>										
До 5000	До 100	45	45	35	60	60	50	70	70	60
	150	50	50	40	70	70	60	90	90	70
	200	60	60	50	90	90	70	120	120	95
	Более 250	70	70	60	105	105	85	150	150	120
5001–15000	До 100	60	60	50	70	70	60	110	100	85
	150	100	90	80	140	140	110	185	185	150
	200	100	90	80	200	200	160	240	240	190
	Более 250	100	90	80	250	250	200	320	320	255
15001 и более	До 100	100	70	80	110	85	90	140	100	110
	150	100	90	80	200	200	165	280	230	225
	200	100	90	80	270	235	240	380	380	305
	Более 250	100	90	80	270	235	240	445	410	350

Эксплуатационную производительность погрузочно-разгрузочной машины можно определить по формуле

$$P_3 = P_T \frac{t_{гр}^{см} - t_{пер}^{см}}{t_{см}}, \quad (4.17)$$

где P_T – норма технической производительности погрузо-разгрузочной машины, т/ч;

$t_{см}$ – продолжительность смены, ч;

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

Все составляющие формулы (4.17) приводятся в технологических картах причалов портов для соответствующей схемы механизации, поэтому использование при расчете норм продолжительности грузовой обработки данных из этих документов обуславливает более точный результат нормирования времени грузовой обработки флота в каждом конкретном порту. При отсутствии информации данного типа для расчета технической производительности перегрузочных машин можно опираться на методику, приведенную ниже.

4.5 Обоснование норм продолжительности технических и технологических операций

Особенности нормирования времени технических операций определяются многообразием самих операций, транспортных судов и условий их обработки в портах. Нормы на выполнение технических операций подразделяются на дифференцированные и укрупненные. Дифференцированные нормы устанавливаются на определенные приемы и операции, укрупненные – объединяют время, затрачиваемое на выполнение группы последовательных 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 истинному значению.

Нормы времени на технические и технологические операции работы транспортного флота рассчитываются на основании опыта эксплуатации грузового флота с применением методов математического моделирования и теории массового обслуживания. При выполнении курсового проекта рекомендуется пользоваться нормами, приведенными в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Нормы времени на технические операции для транспортных судов и составов

В часах

Вид флота и операции	Грузоподъемность судна, т			
	до 1000	1001–2000	2001–4000	более 4000
Самоходное грузовое судно, всего	5	6	7	8
в том числе: маневровые операции	3	4	4	5
стоянки	2	2	3	3
При переходе с одного причала на другой для обратной загрузки к норме времени на маневровые операции следует добавить:				
– для одиночного сухогрузного теплохода	1	1	1	1
– для теплохода с приставкой	1	1	1	2
Транспортный буксир-толкач с закрепленным составом:				
– стоянки толкача-буксира	2	2	3	3
– маневровые операции с несамоходными судами:				
с 1 судном	4	4	5	5
с 2 судами или с секционным составом	5	5	6	7
с 4 судами или с 2 секционными составами	6	6	8	9
При переводе транспортным толкачом-буксиром несамоходных судов с одного причала на другой для обратной загрузки грузом к нормам времени на рейдово-маневровые операции следует добавить на каждое переводимое судно дополнительное время	1	1	2	2
Транспортный толкач-буксир с незакрепленным составом:				
– стоянки толкача-буксира при числе несамоходных судов в составе:				
1–2 судна	4	4	5	6
3–4 судна	5	5	6	7
6–8 судов	6	6	7	8
– маневровые операции (без разводки барж с рейда к причалам и обратно)	3	3	4	4
Состав несамоходных судов, незакрепленный за тягой:				
– постановка состава на рейде и ожидание его расформирования, при числе судов в составе:				
1–2 судна	3	3	4	5
3–4 судна	4	4	5	6
6–8 судов	5	5	6	7

Помимо технических и технологических операций в портах нормировать также требуется операции, возникающие в пути следования, например, шлюзование, другие возможные остановки и ожидания, предусмотренные технологией перевозочного процесса.

Общая продолжительность шлюзования судов и составов складывается из времени маневровых операций судов при подходе к шлюзу, входа в камеру, учалки, выхода из камеры и времени, затрачиваемого на технические операции шлюзования, например, открытие и закрытие ворот, наполнение или опорожнение камеры. При выполнении курсового проекта рекомендуется принимать в качестве нормы времени шлюзования: 4 часа – для самоходных судов; 6 часов – для составов.

Несмотря на то, что нормы времени на отдельные технологические операции относительно невелики при планировании их учитывать требуется обязательно. 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.

Рассчитанные нормы времени на технологические операции по тем элементам перевозочного процесса, где они имеют место (перегрузочные причалы, шлюзы, пункты смены тяги и т. п.), включают в продолжительность технологических процессов работы судна или состава несамоходных судов. Однако в конкретных условиях эксплуатации флота необходимо стремиться к постоянному сокращению затрат времени на технологические операции, что является существенным резервом повышения эффективности работы флота и портов.

5 РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ФЛОТА

Состав эксплуатационных показателей работы транспортного флота очень разнообразен. Показателями оценивают все виды работ и все операции транспортного процесса. Их рассчитывают дифференцированно, в зависимости от назначения и потребности пользователей.

По своему содержанию все эксплуатационные показатели объединяют в четыре группы:

- показатели нагрузки;
- скорости;
- времени;
- производительности.

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.

Для грузового флота установлен показатель нагрузки по отправлению, характеризующий степень использования грузоподъемности судов в груженных рейсах. Данный показатель показывает, сколько тонн груза в среднем приходится на одну тонну тоннажа судов, загруженных в пункте отправления:

$$p'_{\text{от}} = \frac{\sum G}{\sum Q_p}, \quad (5.1)$$

где $\sum G$ – общая масса груза, погруженного в пункте отправления, т;

$\sum Q_p$ – общий тоннаж судов, загруженных в пункте отправления, т.

Значение показателя нагрузки по отправлению, как правило, изменяется в пределах от 0 до 1 т/т тоннажа. Значение данного показателя 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 регистровой грузоподъемности.

Пример 5.1 Определить значение показателя нагрузки по отправлению для группы судов проекта 1743 ($Q_p=1900$ т), если за период навигации из порта отправления было отправлено:

5 судов, загруженных на 1900 т;

6 судов – на 1300 т;

2 судна – на 1000 т.

Решение. Общая масса груза, погруженного в пункте отправления:

$$\sum G = 5 \cdot 1900 + 6 \cdot 1300 + 2 \cdot 1000 = 19\,300 \text{ т.}$$

Общий тоннаж судов, используемых для перевозок,

$$\sum Q_p = 13 \cdot 1900 = 24\,700 \text{ т.}$$

Нагрузка по отправлению

$$p_{\text{от}} = \frac{19\,300}{24\,700} = 0,78 \text{ т/т тоннажа.}$$

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 грузов, возникает необходимость определять средний показатель, характеризующий использование одной тонны грузоподъемности грузового флота на всем пробеге с грузом. В качестве такого показателя на водном транспорте выступает показатель нагрузки по пробегу, рассчитываемый по формуле

$$p' = \frac{\sum Gl}{\sum Q_p l_r}, \quad (5.2)$$

где $\sum Gl$ – грузооборот, т·км;

l_r – грузонесущий пробег судна с грузом, 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.

Для тяговых средств нагрузка по отправлению определяет массу груза, приходящегося на единицу мощности буксира-толкача в момент отправления состава из пункта отправления:

$$p_{\text{от}} = \frac{\sum G}{\sum N_p}, \quad (5.3)$$

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 и других операций, вызывающих изменение загрузки состава во время рейса:

$$p = \frac{\sum GI}{\sum N_{pI_r}} \cdot \quad (5.4)$$

Пример 5.2 Определить среднюю нагрузку тяговых средств по пробегу за эксплуатационный период для исходных данных, приведенных в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные для примера 5.2

Проект буксира-толкача	N_{p} , кВт	Q , т	Расстояние перевозки, км	Число груженых рейсов за период эксплуатации
P33	440	2000	640	9
P18	880	4200	1210	7
P33	440	2600	800	8
P33	440	2100	760	9
947	2940	6500	1400	5

Решение. Общий грузооборот, выполненный за эксплуатационный период:

$$\sum GI = 2000 \cdot 640 \cdot 9 + 4200 \cdot 1210 \cdot 7 + 2600 \cdot 800 \cdot 8 + 2100 \cdot 760 \cdot 9 + 6500 \cdot 1400 \cdot 5 = 123,590 \text{ млн т} \cdot \text{км}.$$

Затраты тяговых средств

$$\sum N_{pI_r} = 440 \cdot 640 \cdot 9 + 880 \cdot 1210 \cdot 7 + 440 \cdot 800 \cdot 8 + 440 \cdot 2100 \cdot 9 + 2940 \cdot 1400 \cdot 5 = 41,7 \text{ млн кВт} \cdot \text{км}.$$

Нагрузка по пробегу

$$p = \frac{123,59 \cdot 10^6}{41,7 \cdot 10^6} = 2,96 \text{ кВт/т}.$$

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:

$$P_{\text{пас от}} = \frac{\sum Y}{\sum M}, \quad (5.5)$$

$$P_{\text{пас}} = \frac{\sum YI}{\sum MI_{\text{пас}}}, \quad (5.6)$$

где $\sum Y$ – общее число пассажиров, отправленных из начального пункта линии, чел.;

$\sum M$ – суммарная пассажироместимость судов, отправленных в рейс за расчетный период, чел.;

$l_{\text{пас}}$ – дальность поездки пассажиров, км.

Эксплуатационным показателем скорости для всех видов транспортных судов является средняя техническая скорость, рассчитываемая без учета стоянок в пути.

Среднюю техническую скорость рассчитывают по направлениям движения, с грузом и в порожнем состоянии, и типам флота по формулам:

$$u' = \frac{\sum Q_p l_{\Gamma}}{\sum Q_p t_{\text{х.г}}}, \quad (5.7)$$

$$u = \frac{\sum N_p l_{\Gamma}}{\sum N_p t_{\text{х.г}}}, \quad (5.8)$$

$$u_{\text{пас}} = \frac{\sum M l_{\text{пас}}}{\sum M t_{\text{х.пас}}}. \quad (5.9)$$

где $t_{\text{х.пас}}$ – время хода судна с пассажирами, сут.

Пример 5.3 Определить среднюю техническую скорость для группы буксиров-толкачей по исходным данным, приведенным в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для примера 5.3

Проект буксира-толкача	$N_{\text{эп}}$, кВт	Время хода, сут	Расстояние перевозки, км	Число груженых рейсов за период эксплуатации
P33	440	5,36	640	9
P18	880	4,67	1210	7
P33	440	3,81	800	8
P33	440	2,31	760	9
947	2940	7,95	1400	5

Решение. Затраты киловатт-километров хода с груженными составами

$$\sum N_p l_{\Gamma} = 440 \cdot 640 \cdot 9 + 880 \cdot 1210 \cdot 7 + 440 \cdot 800 \cdot 8 + 440 \cdot 760 \cdot 9 + 2940 \cdot 1400 \cdot 5 = 41,7 \text{ млн кВт}\cdot\text{км}.$$

Затраты киловатт-суток хода с груженными составами

$$\sum N_p t_{\text{х.г}} = 440 \cdot 5,36 \cdot 9 + 880 \cdot 4,67 \cdot 7 + 440 \cdot 3,81 \cdot 8 + 440 \cdot 2,31 \cdot 9 + 7,95 \cdot 1400 \cdot 5 = 128,201 \text{ тыс. кВт}\cdot\text{сут}.$$

Средняя техническая скорость

$$u = \frac{41,7 \cdot 10^6}{128,201 \cdot 10^3} = 325,3 \text{ км/сут}.$$

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, сило-суток – для грузовых составов, пассажиро-место-суток – для пассажирского флота, к тоннаже-суткам судов в эксплуатации:

$$\tau'_{\text{х.г}} = \frac{\sum Q_p t_{\text{х.г}}}{\sum Q_p t_3}, \quad (5.10)$$

$$\tau'_{\text{х.г}} = \frac{\sum N_p t_{\text{х.г}}}{\sum N_p t_3}, \quad (5.11)$$

$$\tau'_{\text{х.пас}} = \frac{\sum M_p t_{\text{х.пас}}}{\sum M_p t_3}. \quad (5.12)$$

Пример 5.4 Определить коэффициент использования времени на ход с грузом для группы грузовых теплоходов по исходным данным, приведенным в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Исходные данные для примера 5.4

Проект буксира-толкача	$N_{\text{эп}}, \text{т}$	Эксплуатационный период, сут	Время хода с грузом в обороте состава, сут	Число груженых рейсов за период эксплуатации
Р33	440	90	5,36	15
Р18	880	100	4,67	20
947	2940	210	7,95	5

Решение. По формуле (5.11):

$$\tau'_{\text{х.г}} = \frac{440 \cdot 5,36 \cdot 15 + 880 \cdot 4,67 \cdot 20 + 2940 \cdot 7,95 \cdot 5}{440 \cdot 90 + 880 \cdot 100 + 2940 \cdot 210} = 0,315.$$

Использование флота одновременно по нагрузке, скорости и времени наиболее полно отражает комплексный эксплуатационный показатель – валовая производительность, характеризующая 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:

$$P'_v = \frac{\sum Gl}{\sum Q_p t_3}, \quad (5.13)$$

$$P_B = \frac{\sum Gl}{\sum N_p t_3}, \quad (5.14)$$

$$P_{\text{в.пас}} = \frac{\sum YI}{\sum Mt_3}. \quad (5.15)$$

Значение валовой производительности может быть получено также по формулам, выражающим мультипликативную связь трех факторов: нагрузки по пробегу, коэффициента использования времени на ход с грузом и технической скорости:

$$P'_B = P' \tau'_{\text{х.г}} u', \quad (5.16)$$

$$P_B = P \tau_{\text{х.г}} u, \quad (5.17)$$

$$P_{\text{в.пас}} = P_{\text{ПС}} \tau_{\text{х.пас}} u_{\text{пас}}. \quad (5.18)$$

При выполнении эксплуатационных расчетов, в зависимости от имеющихся исходных данных или цели их проведения, можно пользоваться любой формулой из двух представленных групп. При расчете валовой производительности для одинаковых исходных данных по формулам (5.13)–(5.18), расхождение в результатах расчетов не должно превышать точности вычислений.

6 ПРИМЕР ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ ЗА НАВИГАЦИЮ И РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ФЛОТА

6.1 Постановка задачи

К перевозке в течение навигации, по участку водного пути, характеристики которого приводятся в таблице 6.1, а схема – на рисунке 6.1, предъявлены грузы: лес, щебень, мазут и соль.

Таблица 6.1 – Характеристики водного пути

Участок	Протяже ность участка, км	Потери скорости движения флота, км/ч	Приращения скорости движения флота, км/ч	Гарантированные габариты судового хода, м		
				глубина	ширина	радиус закругле ния
А–Б	116	0,7	0,6	2,9	120	600
Б–шлюз	113	0,8	0,6	2,8	90	900
Шлюз–В	362	3,4	3,2	2,1	70	450
В–Г	348	3,9	3,5	3,1	50	400

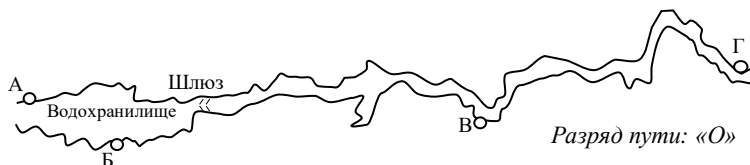


Рисунок 6.1 – Схема водного пути

Корреспонденция грузовых потоков приведена в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Корреспонденция грузопотоков, осваиваемых за навигацию

Пункты		Род груза	Размер перевозок, тыс. т
отправления	назначения		
А	В	Щебень	180
А	В	Мазут	40
Г	А	Лес	120
Г	В	Соль	30

На водном пути, между портами Б и В имеется однокамерный односторонний железобетонный шлюз с характеристиками: глубина заложения короля – 2,2 м; полезная длина камеры – 155 м; полезная ширина

камеры – 18,8 м. Продолжительность навигационного периода составляет 185 суток.

Требуется:

- рассчитать показатели грузовых перевозок по бассейну: размер перевозок, грузооборот, среднее расстояние и густоту перевозок;
- построить дислокацию грузопотоков и таблицу освоения грузопотоков;
- обосновать выбор подвижного состава для освоения грузопотоков;
- определить нормы загрузки флота;
- сформировать грузовые кольца;
- определить нормы скорости и ходового времени флота по участкам водного пути;
- установить нормы продолжительности грузовых операций;
- обосновать нормы продолжительности технических и технологических операций в пути и портах;
- рассчитать характеристики грузовых линий: продолжительность кругового рейса, период отправления флота, частоту и интервал отправления судов, потребность во флоте;
- рассчитать эксплуатационные показатели работы флота по грузовым кольцам и по бассейну в целом.

6.2 Организация перевозок грузов на участке водного пути

6.2.1 Расчет показателей грузовых перевозок и построение дислокации грузопотоков

По формулам (1.1)–(1.9) рассчитываются показатели грузовых перевозок по бассейну:

$$\sum G = 180 \cdot 10^3 + 40 \cdot 10^3 + 120 \cdot 10^3 + 30 \cdot 10^3 = 370 \text{ тыс. т.}$$

$$A = 180 \cdot 10^3 \cdot (116 + 113 + 362) + 40 \cdot 10^3 \cdot (116 + 113 + 362) + 120 \cdot 10^3 \cdot (348 + 362 + 113 + 116) + 30 \cdot 10^3 \cdot 348 = 253,14 \text{ млн т·км.}$$

$$\bar{l}_r = \frac{253,14 \cdot 10^6}{0,37 \cdot 10^6} = 684,2 \text{ км.}$$

$$\bar{И} = \frac{253,14 \cdot 10^6}{116 + 113 + 362 + 348} = 269,6 \text{ тыс.т·км/км.}$$

$$\rho_r = \frac{120 \cdot 10^3 \cdot (113 + 113 + 362 + 348) + 30 \cdot 10^3 \cdot 348}{180 \cdot 10^3 \cdot (116 + 113 + 362) + 40 \cdot 10^3 \cdot (116 + 113 + 362)} = \frac{123,12 \cdot 10^6}{130,02 \cdot 10^6} = 0,947.$$

На основании корреспонденции грузопотоков строится дислокация (рисунок 6.2) и составляется таблица освоения грузопотоков (таблица 6.3) по правилам, изложенным в разд. 1.

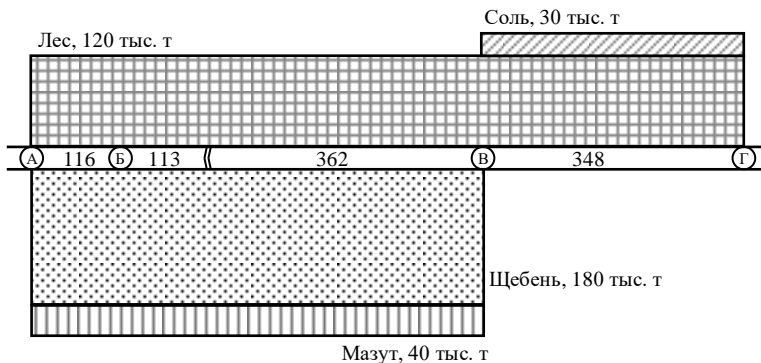


Рисунок 6.2 – Дислокация грузовых потоков

Таблица 6.3 – Таблица освоения грузопотоков на участке водного пути

Порт отправления	Порт назначения				Масса отправленного груза, тыс. т·км		Густота перевозок, тыс. т·км/км	
	Г	В	Б	А	вверх	вниз	вверх	вниз
Г		30	—	120	150	0		
В	—		—	—	0	0	150	0
Б	—	—		—	0	0	120	220
А	—	220	—		0	220	120	220
Всего прибыло, тыс. т	сверху	0	220	0	0	220	131,12	138,47
	снизу	0	30	0	120	150		

По данным таблицы освоения грузопотоков (см. таблицу 6.3) и формуле (1.10) густота перевозок грузов вверх по участкам составляет:
для участка Г–В

$$I_{Г-В}^{вв} = (0 - 0 + 150) \cdot 10^3 = 150 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

участка В–Б

$$I_{В-Б}^{вв} = (150 - 30 + 0) \cdot 10^3 = 120 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

участка Б–А

$$I_{\Gamma \text{ Б-А}}^{\text{вв}} = (120 - 0 + 0) \cdot 10^3 = 120 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

По формуле (1.11) рассчитывается густота перевозок вниз по участкам водного пути:

для участка А–Б

$$I_{\Gamma \text{ А-Б}}^{\text{вн}} = (220 - 0 + 0) \cdot 10^3 = 220 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

участка Б–В

$$I_{\Gamma \text{ Б-В}}^{\text{вн}} = (220 - 0 + 0) \cdot 10^3 = 220 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км};$$

участка В–Г

$$I_{\Gamma \text{ В-Г}}^{\text{вв}} = (220 - 220 + 0) \cdot 10^3 = 0 \text{ тыс. т} \cdot \text{км/км}.$$

Средние густоты перевозок вверх и, соответственно, вниз по течению реки, рассчитанные по формуле (1.7), составят:

$$\overline{I_{\Gamma}^{\text{вв}}} = \frac{123,12 \cdot 10^6}{939} = 131,12 \text{ тыс.т} \cdot \text{км/км},$$

$$\overline{I_{\Gamma}^{\text{вн}}} = \frac{130,02 \cdot 10^6}{939} = 138,47 \text{ тыс.т} \cdot \text{км/км}.$$

Анализируя значения рассчитанных показателей можно заключить, что прямое и обратное направления перевозок загружено примерно одинаково, а наибольшая густота перевозок наблюдается на участке В–А.

6.2.2 Выбор подвижного состава для перевозок

Руководствуясь рекомендациями по эффективному использованию грузового флота на перевозках, изложенных в подразд. 2.1, а также на основании анализа дислокации грузопотоков (см. рисунок 6.2) делаются следующие выводы:

1) грузопотоки щебня и леса, характеризующиеся значительными размерами и расстоянием перевозок, будут осваиваться большегрузными составами несамоходных судов;

2) грузопоток мазута, характеризующийся значительным расстоянием перевозки, также может быть освоен несамоходным флотом;

3) соль будет перевозиться грузовыми трюмными теплоходами, что обусловлено физико-химическими свойствами груза, требующими предотвращения воздействия на него атмосферных осадков;

4) щебень и лес будут перевозиться в открытом подвижном составе.

Из приложения А выбираются все суда, в которых возможно осуществление перевозок грузов, заданных дислокацией, по водному пути разряда «О» (таблица 6.4).

По формуле (2.2) и рекомендациям по обоснованию минимальных запасов по длине и ширине судов (см. подразд. 2.2) рассчитываются характеристики базового судна.

По ширине базового судна лимитирующим элементом является шлюз, поэтому:

$$B \leq 18,8 - (0,5 + 0,5); B \leq 17,8 \text{ м.}$$

Таблица 6.4 – Выбор подвижного состава для перевозок грузов

Перевозимый груз	Проект судна	Q_p , т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии	
				L	B	H	груженом	порожнем
Щебень, лес	81300	5000	«О»	196,0	14,5	8,5	3,50	0,50
	P79	3800		98,7	14,3	11,7	3,70	0,46
	P29	3000		86,0	17,5	8,0	2,82	0,65
	P85	2500		88,1	14,4	7,4	2,68	0,47
	P171	2500		86,8	16,7	7,3	2,30	0,41
	943A	600		58,3	12,0	2,0	1,37	0,37
Мазут	P43	9200		114,5	27,3	13,6	4,00	0,56
	P27	6000		111,2	20,5	6,2	2,60	0,25
	458	2000		103,4	16,5	6,0	1,58	0,22
Соль	507 Б	5000		138,3	16,7	15,9	3,50	1,74
	19610	4000		134,0	16,4	16,3	3,70	1,35
	488/A	3000		118,8	13,2	14,6	3,73	1,38
	21-88	2000		103,5	12,4	11,6	2,84	1,29
	576	2000		93,9	13,2	11,1	2,85	1,08
	11	2000		93,9	13,2	11,1	2,85	1,30
	573	1000		80,4	11,6	9,7	2,25	0,83
	276	700		67,3	8,5	7,4	2,14	0,63
	765	600		65,6	9,6	8,6	1,87	1,34

Осадку базового судна лимитирует глубина судового хода на участке «Шлюз – порт В», которая составляет 2,1 м. По формуле (2.2) с учетом минимального запаса глубины под днищем определяется осадка базового судна:

$$T_p \leq 2,1 - 0,15;$$

$$T_p \leq 1,95 \text{ м.}$$

Учитывая, что соль перевозится по участку Г–В, гарантированная глубина на котором составляет 3,1 м, а ширина лимитируется шириной судового хода – 50 м, для перевозки данного груза базовое судно должно иметь следующие ограничения размерений:

$$T_p \leq 3,1 - 0,15;$$

$$T_p \leq 2,95 \text{ м;}$$

$$B \leq 50 \text{ м.}$$

Для определения длины базовых судов устанавливается, какая величина является ограничивающим элементом: минимальный радиус закругления судового хода или полезная длина камеры шлюза. В соответствии с рекомендациями (см. подразд. 2.2) длина базового самоходного судна при следовании в обоих направлениях должна быть в 3 раза меньше радиусов

закругления судового хода, состава самоходных судов – в 3,5 раза. Величина запаса по ширине в камере шлюза для условия задачи – 6 м, т. е. для базового теплохода:

$$L \leq \min \{(400 : 3)\};$$

$$L \leq 133,3 \text{ м};$$

базового состава самоходных судов:

$$L \leq \min \{(400 : 3,5); (155 - 6)\};$$

$$L \leq \min \{114,3; 149,0\};$$

$$L \leq 114,3 \text{ м}.$$

Из рассматриваемых в качестве вариантов базовых судов (см. таблицу 6.4) исключаются суда, не удовлетворяющие рассчитанным параметрам (таблица 6.5).

Таблица 6.5 – Выбор подвижного состава для осуществления перевозок грузов

Перевозимый груз	Проект судна	Q_p , т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии	
				L	B	H	груженое	порожние м
Щебень, лес	P171	2500	«О»	86,8	16,7	7,3	2,30	0,41
	943А	600		58,3	12,0	2,0	1,37	0,37
Мазут	2000	103,4		16,5	6,0	1,58	0,22	
Соль	21-88	2000		103,5	12,4	11,6	2,84	1,29
	576	2000		93,9	13,2	11,1	2,85	1,08
	11	2000		93,9	13,2	11,1	2,85	1,30
	573	1000		80,4	11,6	9,7	2,25	0,83
	276	700		67,3	8,5	7,4	2,14	0,63
	765	600		65,6	9,6	8,6	1,87	1,34

Как видно из таблицы 6.5, для перевозки щебня и леса из рассмотрения в качестве варианта базового судна не была исключена баржа проекта P171, несмотря на то, что ее осадка в груженом состоянии превышает рассчитанную осадку базового судна. Это обусловлено тем, что при исключении данного судна в качестве единственного варианта для перевозки щебня и леса останется баржа проекта 943А с небольшой грузоподъемностью – 600 т, что не соответствует установленному ранее условию перевозки в большегрузном составе. То есть, при осуществлении перевозок по заданному участку водного пути, грузоподъемность судна проекта P171 будет использоваться не полностью.

Из оставшихся вариантов, на основании рекомендаций, изложенных в подразд. 2.1, выбираются суда для перевозки заданных грузов (таблица 6.6).

Учитывая, что щебень, лес и мазут перевозятся в составах самоходных судов, возникает необходимость выбора для них буксиров-толкачей.

С учетом ограничений, рассчитанных ранее, по длине и ширине состава ($L \leq 90$ м, $B \leq 17,8$ м), для движения по заданному участку водного пути применимы формы счала: Т+1 и Б+1 (см. таблицу 4.4). Однако с учетом сложившейся практики эксплуатации самоходного флота, определяющей метод толкания более эффективным, в качестве формы, применяемой в рассматриваемом примере, будет использоваться форма счала Т+1.

Таблица 6.6 – Грузовые суда для осуществления перевозок

Перевозимый груз	Проект судна	Q_p , т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии		Автономность, сут
				L	B	H	груженом	порожнем	
Щебень, лес	P171	2500	«О»	86,8	16,7	7,3	2,30	0,41	—
Мазут	458	2000		103,4	16,5	6,0	1,58	0,22	—
Соль	21-88	2000		103,5	12,4	11,6	2,84	1,29	12

Расчетами было установлено, что длина состава не должна превышать 114,3 м, то есть для толкания баржи проекта P171 длиной 86,8 м может быть использован буксир-толкач с длиной не более 27,5 м, а для толкания баржи проекта 458 – не более 10,7 м.

Из таблицы А.5 выбираются буксиры-толкачи, удовлетворяющие ранее рассмотренным условиям, с учетом рекомендаций таблицы 2.3. Характеристики данных судов сведены в таблицу 6.7.

Таблица 6.7 – Характеристика буксира-толкача

Проект судна	Мощность, кВт	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка, м	Скорость, км/ч	Автономность, сут
			длина	ширина	высота			
887	440	«О»	24,4	8,0	9,7	1,85	18,8	5

Как видно, специфика водного пути не позволяет осуществить перевозку мазута в самоходных судах, так как длина предлагаемого состава вместе с толкачем превышает рассчитанную безопасную длину – 114,3 м. По этой причине мазут будет перевозиться в танкере, выбор которого осуществляется по аналогии (таблица 6.8).

Таблица 6.8 – Техническая характеристика нефтеналивного самоходного судна класса «О» для перевозки мазута

Проект судна	Грузоподъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии		Мощность, кВт	Автономность, сут
			длина	ширина	высота	грузежом	порожем		
866М	600	«О»	65,6	9,6	9,8	1,85	0,12	330	5

Таким образом, для осуществления перевозок заданных грузов будет использоваться следующий подвижной состав: для перевозки соли – теплоход проекта 21-88, щебня в прямом направлении и леса в обратном – толкаемый состав с формой счала Т+1 из баржи проекта Р171 и толкача проекта 887, мазута – толкаемый состав из баржи проекта 866М и толкача проекта 887.

6.2.3 Нормирование загрузки флота

Для каждого выбранного судна рассчитывается норма его загрузки соответствующим грузом.

Как было сказано ранее, суда проектов Р171 не могут использоваться на заданном участке водного пути на полную грузоподъемность, так как их эксплуатационная осадка ограничена значением $T_3 = 1,95$ м (см. п. 6.2.2). Максимальное количество груза, при котором судно проекта Р171 может безопасно двигаться по участку водного пути, определяется по формуле (4.4):

$$Q_3^r = \frac{2500}{2,30 - 0,41} (1,95 - 0,41) = 2037 \text{ т.}$$

Для остальных судов: $Q_3^r = Q_p$.

Для определения максимального количества груза, которое может быть размещено в грузовых помещениях и на палубе судна Q_3^B , по формулам (4.5), (4.6) и таблице 4.2 определяется значение удельной грузовместимости сухогрузных судов:

для судна проекта Р171:

$$V_c = 940 \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 902,4 \text{ м}^3;$$

$$w_c = \frac{902,4}{2500} = 0,36 \text{ м}^3/\text{т};$$

судна проекта 21-88:

$$V_c = 3500 \cdot 0,8 = 2800 \text{ м}^3;$$

$$w_c = \frac{2800}{2000} = 1,40 \text{ м}^3/\text{т}.$$

По таблице 4.1 устанавливается величина удельного погрузочного объема заданного груза: щебня: $w_{гр} = 0,63 \text{ м}^3/\text{т}$; леса: $w_{гр} = 2,67 \text{ м}^3/\text{т}$; соли: $w_{гр} = 1,25 \text{ м}^3/\text{т}$.

На основании сравнения удельной грузоемкости флота и удельного погрузочного объема груза, по одной из формул (4.7) или (4.8) устанавливается значение Q_s^B :

для щебня: $0,36 < 0,63 \text{ м}^3/\text{т}$, следовательно,

$$Q_s^B = \frac{902,4}{0,63} = 1432 \text{ т};$$

леса: $0,36 < 2,67 \text{ м}^3/\text{т}$, следовательно,

$$Q_s^B = \frac{902,4}{2,67} = 338 \text{ т};$$

соли: $1,40 > 1,25 \text{ м}^3/\text{т}$, следовательно, $Q_s^B = Q_p = 2000 \text{ т}$.

На основании сравнения величин Q_s^B и $Q_s^Г$ определяется норма загрузки подвижного состава заданными грузами, результаты сведены в таблицу 6.9.

Таблица 6.9 – Определение нормы загрузки флота

Перевозимый груз	Проект судна	Осадка судна, м, в состоянии		Q_p	$Q_s^Г$	Q_s^B	Q_s
		гружено м	порожне м				
Щебень	P171	2,30	0,41	2500	2037	1432	1432
Лес						338	338
Мазут	866М	1,85	0,12	600	600	600	600
Соль	21-88	2,84	1,29	2000	2000	2000	2000

Вместимость грузовых емкостей нефтеналивного флота позволяет загружать его на полную (регистровую) грузоподъемность, поэтому для мазута:

$$Q_s^B = Q_p = 600 \text{ т}.$$

6.2.4 Формирование грузовых колец

По формуле (3.1) для каждого груза рассчитывается величина судового и составопотока:

для щебня:

$$m_{\text{щебень}} = \frac{180\,000}{1432} = 125,7 \text{ отправок};$$

леса:

$$m_{\text{лес}} = \frac{120\,000}{338} = 355,0 \text{ отправок};$$

мазута:

$$m_{\text{мазут}} = \frac{40\,000}{600} = 66,7 \text{ отправлений};$$

соли:

$$m_{\text{соль}} = \frac{30\,000}{2000} = 15,0 \text{ отправлений}.$$

На основании рассчитанных значений судопотока и составопотока заключается, что по линейной форме движения флота будет выполнено, отправлений:

при перевозке щебня – 125;
 леса – 355;
 мазута – 66;
 соли – 15.

Оставшееся количество грузов $G_i^{\text{рейс}}$ будет перевезено по рейсовой форме организации движения флота:

$$G_{\text{щебень}}^{\text{рейс}} = 180000 - 125 \cdot 1432 = 1000 \text{ т};$$

$$G_{\text{мазут}}^{\text{рейс}} = 40000 - 66 \cdot 600 = 400 \text{ т}.$$

В соответствии с обособанными в п. 6.2.2 параметрами базового судна: длина – не более 133,3 м, ширина не более – 17,8 м, осадка менее – 1,95 м; из таблицы А.1 выбираются суда для осуществления рейса. Характеристики судна для перевозки щебня сведены в таблицу 6.10

Таблица 6.10 – Характеристика флота для рейсовой формы движения

Перевозимый груз	Количество перевозимого груза, т	Проект судна	Q_p , т	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии		Скорость, км/ч, в состоянии		Автономность, сут
				L	B	H	грузежом	порожнем	грузежом	порожнем	
Щебень	1000	559 Б	1200	85,0	15,0	11,3	1,70	1,49	15,2	16,6	6

Для перевозки мазута в приложении А отсутствуют суда, с заданной грузоподъемностью или с близкой к ней, поэтому использовать рейсовую форму движения в этом случае нецелесообразно. То есть значение судопотока при перевозке мазута по линейной форме движения составляет 67 отправлений.

При организации движения флота по рейсовой форме требуется проверить значение нормы загрузки выбранного судна, рассчитываемого по методике подразд. 4.2:

$$Q_s^r = Q_p = 1200 \text{ т};$$

$$V_c = 0 + 0,8 \cdot 690 \cdot 2,0 = 1104 \text{ м}^3.$$

$$w_c = \frac{1104}{1200} = 0,92 \text{ м}^3/\text{т};$$

$$w_{гр} = 0,63 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Так как $w_c > w_{гр}$, то $Q_s^B = Q_p = 1200 \text{ т}$.

Следовательно, оставшееся количество груза в размере 1000 т может быть доставлено в выбранном теплоходе за один груженный рейс.

На основании методики, изложенной в подразд. 3.2, рассчитанных параметров судопотоков и составопотоков и намеченных организационных мероприятий, для освоения перевозок заданных грузов формируются грузовые кольца (рисунок 6.3).

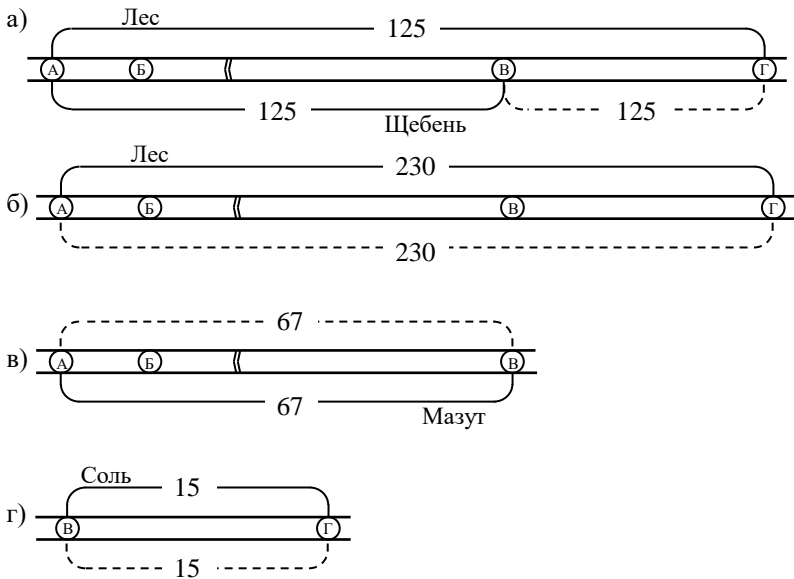


Рисунок 6.3 – Грузовые кольца по освоению грузопотоков:
 а – леса и щебня (грузовое кольцо 1); б – леса (грузовое кольцо 2);
 в – мазута (грузовое кольцо 3); г – соли (грузовое кольцо 4)

Для перевозки оставшегося количества щебня в размере 1000 тонн судном проекта 559 Б осуществляется один груженный рейс.

6.2.5 Нормирование ходового времени и скорости движения флота

На основании сформированных грузовых линий, представленных на рисунке 6.3, определяются продолжительности хода судов и составов по формулам:

для грузового кольца 1:

$$t_x = t_{x\text{гр}}^{A-B} + t_{x\text{гр}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{гр}}^{\text{Шлюз}-B} + t_{x\text{пор}}^{B-\Gamma} + t_{x\text{пор}}^{\Gamma-B} + t_{x\text{пор}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{пор}}^{\text{Шлюз}-B} + t_{x\text{пор}}^{B-A};$$

грузового кольца 2:

$$t_x = t_{x\text{гр}}^{\Gamma-B} + t_{x\text{гр}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{гр}}^{\text{Шлюз}-B} + t_{x\text{гр}}^{B-A} + t_{x\text{пор}}^{A-B} + t_{x\text{пор}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{пор}}^{\text{Шлюз}-B} + t_{x\text{пор}}^{B-\Gamma};$$

грузового кольца 3:

$$t_x = t_{x\text{гр}}^{A-B} + t_{x\text{гр}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{гр}}^{\text{Шлюз}-B} + t_{x\text{пор}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{пор}}^{\text{Шлюз}-B} + t_{x\text{пор}}^{B-A};$$

грузового кольца 4:

$$t_x = t_{x\text{гр}}^{\Gamma-B} + t_{x\text{пор}}^{B-\Gamma}.$$

Расчетная скорость грузовых теплоходов проектов 866М и 21-88, загруженных на полную грузоподъемность, соответственно, мазутом и солью, является их паспортной характеристикой и составляет:

для теплохода проекта 866М (см. таблицу А.2):

в груженом состоянии $v_{\text{гр}}=16,6$ км/ч;

порожном состоянии $v_{\text{пор}}=19,3$ км/ч;

для теплохода проекта 21-88 (см. таблицу А.1):

в груженом состоянии $v_{\text{гр}}=20,0$ км/ч;

порожном состоянии $v_{\text{пор}}=22,3$ км/ч.

Расчетная скорость для состава с формой счала Т+1 (буксир-толкач проекта 887, баржа проекта Р171) определяется по методике, изложенной в подразд. 4.3.

По таблице 4.3 устанавливается приведенное сопротивление воды движению одной баржи проекта Р171, $\text{кНс}^2/\text{м}^2$:

в груженом состоянии 4,65;

порожном состоянии 2,11.

Как было установлено при нормировании загрузки флота (см. п. 6.2.3) баржа проекта Р171 при перевозке щебня и леса загружается не на полную (регистровую) грузоподъемность: щебнем – на 1432 т, лесом – на 338 т. Тогда, принимая, что зависимость приведенного сопротивления воды движению баржи от ее эксплуатационной грузоподъемности прямая, по формуле линейной интерполяции, аналогичной формуле (4.11), устанавливается приведенное сопротивление баржи при перевозке:

щебня:

$$r_s = 2,11 + \frac{4,65 - 2,11}{2500} 1432 = 3,56 \text{ кНс}^2 / \text{м}^2;$$

леса:

$$r_s = 2,11 + \frac{4,65 - 2,11}{2500} 338 = 2,45 \text{ кНс}^2 / \text{м}^2.$$

По таблице 4.4 устанавливается коэффициент счала и по формуле (4.12) определяется приведенное сопротивление воды движению состава при перевозке:

щебня:

$$r_{гр} = 0,90 \cdot 3,56 = 3,20 \text{ кНс}^2 / \text{м}^2;$$

леса:

$$r_{гр} = 0,90 \cdot 2,45 = 2,21 \text{ кНс}^2 / \text{м}^2$$

и в порожнем состоянии:

$$r_{пор} = 0,97 \cdot 2,11 = 2,05 \text{ кНс}^2 / \text{м}^2.$$

На основании данных таблицы 4.5 для буксира-толкача проекта 887 по формуле линейной интерполяции, как показано в примере 4.2, определяется расчетная скорость состава, загруженного:

щебнем:

$$v_{гр} = 12,0 + \frac{12,5 - 12,0}{3,10 - 3,60} (3,20 - 3,60) = 12,4 \text{ км/ч};$$

лесом:

$$v_{гр} = 13,5 + \frac{14,0 - 13,5}{2,10 - 2,30} (2,21 - 2,30) = 13,7 \text{ км/ч}$$

и в порожнем состоянии:

$$v_{пор} = 14,0 + \frac{15,0 - 14,0}{2,00 - 2,10} (2,05 - 2,10) = 14,5 \text{ км/ч}.$$

По формуле (4.9) в соответствии с заданными приращениями или потерями скорости (см. таблицу 6.1), в зависимости от направления движения флота (вниз или вверх по течению) определяются его нормы ходового времени по участкам водного пути. Результаты расчетов сведены в таблицу 6.11.

Таблица 6.11 – Нормы скорости и ходового времени флота на перевозках

Участок водного пути	Протяженность, км	Потери или приращения скорости, км/ч	Расчетная скорость движения флота, км/ч	Техническая скорость движения, км/ч	Ходовое время по участку, сут
<i>Род груза: щебень; флот: состав из буксира-толкача проекта 887 и баржи проекта P171</i>					
А–Б	116	+ 0,6	12,4	13,0	0,37

Б–шлюз	113	+ 0,6		13,0	0,36
Шлюз–В	362	+ 3,2		15,6	0,97
<i>Род груза: лес; флот: состав из буксира-толкача проекта 887 и баржи проекта P171</i>					
Г–В	348	– 3,9	13,7	9,8	1,48
В–шлюз	362	– 3,4		10,3	1,46
Шлюз–Б	113	– 0,8		12,9	0,36
Б–А	116	– 0,7		13,0	0,37
<i>Порожнее состояние; флот: состав из буксира-толкача проекта 887 и баржи проекта P171</i>					
А–Б	116	+ 0,6	14,5	15,1	0,32
Б–шлюз	113	+ 0,6		15,1	0,31
Шлюз–В	362	+ 3,2		17,7	0,85
В–Г	348	+ 3,5		18,0	0,81
<i>Род груза: мазут; флот: теплоход проекта 866М</i>					
А–Б	116	+ 0,6	16,6	17,2	0,28
Б–шлюз	113	+ 0,6		17,2	0,27
Шлюз–В	362	+ 3,2		19,8	0,76
<i>Порожнее состояние; флот: теплоход проекта 866М</i>					
В–шлюз	362	– 3,4	19,3	15,9	0,95
Шлюз–Б	113	– 0,8		18,5	0,25
Б–А	116	– 0,7		18,6	0,26

Окончание таблицы 6.11

Участок водного пути	Протяженность, км	Потери или приращения скорости, км/ч	Расчетная скорость движения флота, км/ч	Техническая скорость движения, км/ч	Ходовое время по участку, сут
<i>Род груза: соль; флот: теплоход проекта 21-88</i>					
Г–В	348	– 3,9	20,0	16,1	0,90
<i>Порожнее состояние; флот: теплоход проекта 21-88</i>					
В–Г	348	+ 3,5	22,3	25,8	0,56

При расчете эксплуатационных показателей (см. разд. 5) в качестве исходных данных используется продолжительность хода судна с грузом, которая, по данным таблицы 6.10, составляет:

для грузового кольца 1:

$$t_{\text{хг}} = (0,37 + 0,36 + 0,97) + (1,48 + 1,46 + 0,36 + 0,37) = 1,7 + 3,67 = 5,37 \text{ сут};$$

грузового кольца 2:

$$t_{\text{хг}} = 1,48 + 1,46 + 0,36 + 0,37 = 3,67 \text{ сут};$$

грузового кольца 3:

$$t_{\text{хг}} = 0,28 + 0,27 + 0,76 = 1,31 \text{ сут};$$

грузового кольца 4:

$$t_{\text{хг}} = 0,90 \text{ сут}.$$

6.2.6 Нормирование продолжительности грузовой обработки флота

По таблице 4.6 устанавливаются судо-часовые нормы погрузки и выгрузки предъявленных к перевозке грузов и сводятся в таблицу 6.12.

Для определения судо-часовой нормы времени грузовых работ для нефтеналивного флота (по таблице 4.7) требуется знать навигационный объем грузовых работ на причале порта. Учитывая, что в исходных данных величина объема грузовых работ не задана, то в примере принимается ее значение более 15001 т за навигацию, следовательно, для грузовых операций с мазутом судо-часовые нормы времени составляют: налив – 110 т/ч; слив – 80 т/ч.

Таблица 6.12 – Судо-часовые нормы времени грузовой обработки

Род груза	Вид работ	Регистровая грузоподъемность судна, т	Категория судна по степени открытости для грузовой обработки	Судо-часовая норма, т/ч
Щебень	Погрузка Выгрузка	2500	I	169
				139
Лес		2500	I	61
				55
Соль		2000	III	108
				88

Продолжительность грузовой обработки флота в портах рассчитывается по формуле (4.13) и составляет:

погрузка щебня:

$$t_n = \frac{1432}{169} = 8,47 \text{ ч} = 0,35 \text{ сут};$$

выгрузка щебня:

$$t_b = \frac{1432}{139} = 10,30 \text{ ч} = 0,43 \text{ сут};$$

погрузка леса:

$$t_n = \frac{338}{61} = 6,15 \text{ ч} = 0,26 \text{ сут};$$

выгрузка леса:

$$t_b = \frac{338}{55} = 8,47 \text{ ч} = 0,35 \text{ сут};$$

погрузка соли:

$$t_n = \frac{2000}{108} = 18,52 \text{ ч} = 0,77 \text{ сут};$$

выгрузка соли:

$$t_b = \frac{2000}{88} = 22,7 \text{ ч} = 0,95 \text{ сут};$$

налив мазута:

$$t_{\text{н}} = \frac{600}{110} = 5,45 \text{ ч} = 0,23 \text{ сут};$$

слив мазута:

$$t_{\text{в}} = \frac{600}{80} = 7,50 \text{ ч} = 0,31 \text{ сут}.$$

6.2.7 Обоснование норм продолжительности технических и технологических операций

Нормы продолжительности технических и технологических операций в портах устанавливаются в соответствии с данными таблицы 4.8 и характером работ в порту. Например, при работе флота по грузовому кольцу 1 в порту А производятся следующие технические и технологические операции: стоянки буксира-толкача с судном грузоподъемностью 2500 т (3 часа), маневровые операции с одним судном (5 часов), перевод баржи для обратной загрузки (лес и щебень) (2 часа). Для остальных портов и грузовых колец нормы устанавливаются аналогично.

Норма времени шлюзования, в соответствии с рекомендациями, изложенными в подразд. 4.5: для самоходных судов – 4 часа, для составов – 6 часов.

Нормы времени на технические и технологические операции составили: для грузового кольца 1:

$$t_{\text{тех}}^{(A)} = 3 + 5 + 2 = 10 \text{ ч} = 0,42 \text{ сут};$$

$$t_{\text{тех}}^{(B)} = 3 + 5 = 8 \text{ ч} = 0,33 \text{ сут};$$

$$t_{\text{тех}}^{(\Gamma)} = 3 + 5 = 8 \text{ ч} = 0,33 \text{ сут};$$

$$t_{\text{шл}} = 6 + 6 = 12 \text{ ч} = 0,50 \text{ сут}.$$

грузового кольца 2:

$$t_{\text{тех}}^{(A)} = 3 + 5 = 8 \text{ ч} = 0,33 \text{ сут};$$

$$t_{\text{тех}}^{(\Gamma)} = 3 + 5 = 8 \text{ ч} = 0,33 \text{ сут};$$

$$t_{\text{шл}} = 6 + 6 = 12 \text{ ч} = 0,50 \text{ сут}.$$

грузового кольца 3:

$$t_{\text{тех}}^{(A)} = t_{\text{тех}}^{(B)} = 5 \text{ ч} = 0,21 \text{ сут};$$

$$t_{\text{шл}} = 4 + 4 = 8 \text{ ч} = 0,33 \text{ сут}.$$

грузового кольца 4:

$$t_{\text{тех}}^{(U)} = t_{\text{тех}}^{(B)} = 6 \text{ ч} = 0,25 \text{ сут};$$

$$t_{\text{шл}} = 4 + 4 = 8 \text{ ч} = 0,33 \text{ сут}.$$

По завершению нормирования требуется убедиться, что для намеченных грузовых колец время между двумя последовательными заходами флота в

порты не превышает автономность плавания теплоходов. По данным таблиц 6.6 – 6.8 автономность выбранного для перевозок флота составляет, сут:

для буксира толкача проекта 887 – 5;

теплохода проекта 866М – 5;

теплохода проекта 21-88 – 12.

Промежуток времени между двумя последовательными заходами судна (состава) в порт:

для грузового кольца 1:

$$t_x^{A-B} = t_{x\text{гр}}^{A-B} + t_{x\text{гр}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{гр}}^{\text{шлюз-B}} + t_{\text{шл}} = 0,37 + 0,36 + 0,97 + 0,25 = 1,95 \text{ сут};$$

$$t_x^{B-\Gamma} = t_{x\text{пор}}^{B-\Gamma} = 0,81 \text{ сут};$$

$$t_x^{\Gamma-A} = t_{x\text{гр}}^{\Gamma-B} + t_{x\text{гр}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{гр}}^{\text{шлюз-B}} + t_{x\text{гр}}^{B-A} + t_{\text{шл}} = 1,48 + 1,46 + 0,36 + 0,37 + 0,25 = 3,92 \text{ сут};$$

грузового кольца 2:

$$t_x^{\Gamma-A} = t_{x\text{гр}}^{\Gamma-B} + t_{x\text{гр}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{гр}}^{\text{шлюз-B}} + t_{x\text{гр}}^{B-A} + t_{\text{шл}} = 1,48 + 1,46 + 0,36 + 0,37 + 0,25 = 3,92 \text{ сут};$$

$$t_x^{A-\Gamma} = t_{x\text{пор}}^{A-B} + t_{x\text{пор}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{пор}}^{\text{шлюз-B}} + t_{x\text{пор}}^{B-\Gamma} + t_{\text{шл}} = 0,32 + 0,31 + 0,85 + 0,81 + 0,25 = 2,54 \text{ сут};$$

грузового кольца 3:

$$t_x^{A-B} = t_{x\text{гр}}^{A-B} + t_{x\text{гр}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{гр}}^{\text{шлюз-B}} + t_{\text{шл}} = 0,28 + 0,27 + 0,76 + 0,17 = 1,48 \text{ сут};$$

$$t_x^{B-A} = t_{x\text{пор}}^{B-\text{шлюз}} + t_{x\text{пор}}^{\text{шлюз-B}} + t_{x\text{пор}}^{B-A} + t_{\text{шл}} = 0,95 + 0,25 + 0,26 + 0,17 = 1,63 \text{ сут};$$

грузового кольца 4:

$$t_x^{\Gamma-B} = t_{x\text{гр}}^{\Gamma-B} = 0,90 \text{ сут};$$

$$t_x^{B-\Gamma} = t_{x\text{пор}}^{B-\Gamma} = 0,56 \text{ сут}.$$

Как видно, ни одно из рассчитанных времен не превышает автономность плавания соответствующего теплохода, следовательно, движение флота при перевозках заданных грузов по водному пути может быть организовано без изменения намеченной ранее технологии по четырем грузовым кольцам, изображенным на рисунке 6.3.

6.2.8 Расчет характеристик грузовых линий

Для каждого грузового кольца определяется продолжительность кругового рейса, как сумма продолжительностей всех операций (технических норм), включенных в него:

для грузового кольца 1:

$$\begin{aligned} t_{\text{кр}} &= t_{\text{п}}^{(A)} + t_{\text{тех}}^{(A)} + t_{\text{в}}^{(B)} + t_{\text{тех}}^{(B)} + t_{\text{п}}^{(\Gamma)} + t_{\text{тех}}^{(\Gamma)} + t_{\text{в}}^{(A)} + t_x^{A-B} + t_x^{B-\Gamma} + t_x^{\Gamma-A} = \\ &= 0,35 + 0,42 + 0,35 + 0,33 + 0,26 + 0,33 + 0,43 + 1,95 + 0,81 + 3,92 = \\ &= 9,15 \text{ сут}; \end{aligned}$$

грузового кольца 2:

$$t_{\text{кр}} = t_{\text{п}}^{(\Gamma)} + t_{\text{тех}}^{(\Gamma)} + t_{\text{в}}^{(A)} + t_{\text{тех}}^{(A)} + t_{\text{х}}^{\Gamma-A} + t_{\text{х}}^{A-\Gamma} = 0,26 + 0,33 + 0,35 + 0,33 + 3,92 + 2,54 = 7,73 \text{ сут};$$

грузового кольца 3:

$$t_{\text{кр}} = t_{\text{п}}^{(A)} + t_{\text{тех}}^{(A)} + t_{\text{в}}^{(B)} + t_{\text{тех}}^{(B)} + t_{\text{х}}^{A-B} + t_{\text{х}}^{B-A} = 0,23 + 0,21 + 0,31 + 0,21 + 1,48 + 1,63 = 4,07 \text{ сут};$$

грузового кольца 4:

$$t_{\text{кр}} = t_{\text{п}}^{(\Gamma)} + t_{\text{тех}}^{(\Gamma)} + t_{\text{в}}^{(B)} + t_{\text{тех}}^{(B)} + t_{\text{х}}^{\Gamma-B} + t_{\text{х}}^{B-\Gamma} = 0,77 + 0,25 + 0,95 + 0,25 + 0,90 + 0,56 = 3,68 \text{ сут}.$$

С целью более удобного регулирования отправок судов или с целью составления расписания их движения, продолжительность кругового рейса округляют до целого значения или кратного 0,5. Добавленное время ожидания отправления включают в продолжительность технологических операций в одном из портов. С точки зрения социального фактора, данный вид ожиданий рекомендуется добавлять в технологические операции в порту приписки флота.

Тогда, продолжительности кругового рейса, с учетом добавления ожидания отправления флота составляют:

для грузового кольца 1:

$$t_{\text{кр}} = t_{\text{п}}^{(A)} + t_{\text{тех}}^{(A)} + t_{\text{в}}^{(B)} + t_{\text{тех}}^{(B)} + t_{\text{п}}^{(\Gamma)} + t_{\text{тех}}^{(\Gamma)} + t_{\text{в}}^{(A)} + t_{\text{х}}^{A-B} + t_{\text{х}}^{B-\Gamma} + t_{\text{х}}^{\Gamma-A} = 0,35 + 0,77 + 0,35 + 0,33 + 0,26 + 0,33 + 0,43 + 1,95 + 0,81 + 3,92 = 9,5 \text{ сут};$$

грузового кольца 2:

$$t_{\text{кр}} = t_{\text{п}}^{(\Gamma)} + t_{\text{тех}}^{(\Gamma)} + t_{\text{в}}^{(A)} + t_{\text{тех}}^{(A)} + t_{\text{х}}^{\Gamma-A} + t_{\text{х}}^{A-\Gamma} = 0,26 + 0,60 + 0,35 + 0,33 + 3,92 + 2,54 = 8 \text{ сут};$$

грузового кольца 3:

$$t_{\text{кр}} = t_{\text{п}}^{(A)} + t_{\text{тех}}^{(A)} + t_{\text{в}}^{(B)} + t_{\text{тех}}^{(B)} + t_{\text{х}}^{A-B} + t_{\text{х}}^{B-A} = 0,23 + 0,64 + 0,31 + 0,21 + 1,48 + 1,63 = 4,5 \text{ сут};$$

грузового кольца 4:

$$t_{\text{кр}} = t_{\text{п}}^{(\Gamma)} + t_{\text{тех}}^{(\Gamma)} + t_{\text{в}}^{(B)} + t_{\text{тех}}^{(B)} + t_{\text{х}}^{\Gamma-B} + t_{\text{х}}^{B-\Gamma} = 0,77 + 0,57 + 0,95 + 0,25 + 0,90 + 0,56 = 4 \text{ сут}.$$

По формуле (3.3) определяется период отправления флота для грузового кольца 1:

$$t_{\text{от}} = 185 - (7 + 7 + 9,5) = 161,5 \text{ сут};$$

грузового кольца 2:

$$t_{\text{от}} = 185 - (7 + 7 + 8) = 163 \text{ сут};$$

грузового кольца 3:

$$t_{от} = 185 - (7 + 7 + 4,5) = 166,5 \text{ сут};$$

грузового кольца 4:

$$t_{от} = 185 - (7 + 7 + 4) = 167 \text{ сут}.$$

Частоты отправления рассчитываются по формуле (3.2) для грузового кольца 1:

$$r = \frac{125}{161,5} = 0,77 \text{ сут}^{-1};$$

грузового кольца 2:

$$r = \frac{230}{163} = 1,41 \text{ сут}^{-1};$$

грузового кольца 3:

$$r = \frac{67}{166,5} = 0,40 \text{ сут}^{-1};$$

грузового кольца 4:

$$r = \frac{15}{167} = 0,09 \text{ сут}^{-1}.$$

Интервал отправления судов (см. формулу (3.4)) для грузового кольца 1:

$$t_{и} = \frac{1}{0,77} = 1,30 \text{ сут};$$

грузового кольца 2:

$$t_{и} = \frac{1}{1,41} = 0,71 \text{ сут};$$

грузового кольца 3:

$$t_{и} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ сут};$$

грузового кольца 4:

$$t_{и} = \frac{1}{0,09} = 11,1 \text{ сут}.$$

Число круговых рейсов за навигацию (см. формулу (3.5)) для грузового кольца 1:

$$n = \frac{161,5}{9,5} = 17 \text{ рейсов};$$

грузового кольца 2:

$$n = \frac{163}{8} = 20 \text{ рейсов};$$

грузового кольца 3:

$$n = \frac{166,5}{4,5} = 37 \text{ рейсов;}$$

грузового кольца 4:

$$n = \frac{167}{4} = 42 \text{ рейса.}$$

Потребность во флоте (см. формулу (3.6)):
для грузового кольца 1:

$$\Phi = \frac{125}{17} = 8 \text{ составов;}$$

грузового кольца 2:

$$\Phi = \frac{230}{20} = 12 \text{ составов;}$$

грузового кольца 3:

$$\Phi = \frac{67}{37} = 2 \text{ судна;}$$

грузового кольца 4:

$$\Phi = \frac{15}{37} = 1 \text{ судно.}$$

Таким образом, для реализации мероприятий организации перевозок заданных грузов по участку водного пути требуется 20 составов с формой счала Т+1 из буксира-толкача проекта 887 и баржи проекта Р171, два теплохода проекта 866М и один теплоход проекта 21-88.

6.3 Расчет эксплуатационных показателей работы флота на перевозках

По методике, изложенной в разд. 5, рассчитываются эксплуатационно-экономические показатели работы флота по грузовым кольцам и в целом по бассейну.

Для осуществления перевозок по грузовому кольцу 1 требуется 8 составов, каждый из которых в течение эксплуатационного периода (185 сут) совершит по 17 рейсов. Мощность буксира-толкача – 440 кВт, загрузка баржи щебнем – 1432 т, лесом – 338 т. Дальность перевозки щебня составляет 591 км, леса – 939 км. Продолжительность хода состава, загруженного щебнем, – 1,7 сут, лесом – 3,67 сут (см. таблицу 6.10). На основании перечисленных исходных данных, обоснованных, принятых и рассчитанных ранее (пп. 6.2.2–6.2.8) рассчитываются затраты флота и показатели его работы.

Для грузового кольца 1:
размер перевозок

$$\sum G = 8 \cdot 17 \cdot (1432 + 338) = 311,52 \text{ тыс. т;}$$

общая регистровая мощность флота

$$\sum N_p = (8 \cdot 440) \cdot 17 + (8 \cdot 440) \cdot 17 = 164,56 \text{ тыс. кВт};$$

грузооборот

$$\sum G l = 8 \cdot 17 \cdot 1432 \cdot 591 + 8 \cdot 17 \cdot 338 \cdot 939 = 217,61 \text{ млн т} \cdot \text{км};$$

затраты тяги на перевозку грузов

$$\sum N_{p l_{\Gamma}} = (8 \cdot 440) \cdot 17 \cdot 591 + (8 \cdot 440) \cdot 17 \cdot 939 = 125,89 \text{ млн кВт} \cdot \text{км};$$

затраты тяги на ход с грузом

$$\sum N_{p t_{x,\Gamma}} = (8 \cdot 440) \cdot 17 \cdot 1,7 + (8 \cdot 440) \cdot 17 \cdot 3,67 = 0,44 \text{ млн кВт} \cdot \text{сут};$$

затраты тяги в эксплуатации

$$\sum N_{p t_3} = (8 \cdot 440) \cdot 185 = 0,90 \text{ млн кВт} \cdot \text{сут};$$

нагрузка по отправлению

$$p_{\text{от}} = \frac{311,52 \cdot 10^3}{164,56 \cdot 10^3} = 1,89 \text{ т/кВт};$$

нагрузка по пробегу

$$p = \frac{217,61 \cdot 10^6}{125,89 \cdot 10^6} = 1,73 \text{ т/кВт};$$

средняя техническая скорость

$$u = \frac{125,86 \cdot 10^6}{0,44 \cdot 10^6} = 286,05 \text{ км/сут};$$

коэффициент использования времени на ход с грузом

$$\tau_{x,\Gamma} = \frac{0,44 \cdot 10^6}{0,90 \cdot 10^6} = 0,489;$$

валовая производительность

$$p_v = \frac{217,61 \cdot 10^6}{0,90 \cdot 10^6} = 241,8 \text{ т} \cdot \text{км}/(\text{кВт} \cdot \text{сут});$$

$$p_v = 1,73 \cdot 286,05 \cdot 0,489 = 242,0 \text{ т} \cdot \text{км}/(\text{кВт} \cdot \text{сут}).$$

Для грузового кольца 2:

размер перевозок

$$\sum G = 12 \cdot 20 \cdot 338 = 60,84 \text{ тыс. т};$$

общая регистровая мощность флота

$$\sum N_p = (12 \cdot 440) \cdot 20 = 79,20 \text{ тыс. кВт};$$

грузооборот

$$\sum GI = 12 \cdot 20 \cdot 338 \cdot 939 = 57,13 \text{ млн т}\cdot\text{км};$$

затраты тяги на перевозку грузов

$$\sum N_{pI_{\Gamma}} = (12 \cdot 440) \cdot 20 \cdot 939 = 74,37 \text{ млн кВт}\cdot\text{км};$$

затраты тяги на ход с грузом

$$\sum N_{pI_{x,\Gamma}} = (12 \cdot 440) \cdot 20 \cdot 3,67 = 0,29 \text{ млн кВт}\cdot\text{сут};$$

затраты тяги в эксплуатации

$$\sum N_{pI_{\Sigma}} = (12 \cdot 440) \cdot 185 = 0,73 \text{ млн кВт}\cdot\text{сут};$$

нагрузка по отправлению

$$P_{от} = \frac{60,84 \cdot 10^3}{79,20 \cdot 10^3} = 0,77 \text{ т/кВт};$$

нагрузка по пробегу

$$P = \frac{57,13 \cdot 10^6}{74,37 \cdot 10^6} = 0,77 \text{ т/кВт};$$

средняя техническая скорость

$$u = \frac{74,37 \cdot 10^6}{0,29 \cdot 10^6} = 256,45 \text{ км/сут};$$

коэффициент использования времени на ход с грузом

$$\tau_{x,\Gamma} = \frac{0,29 \cdot 10^6}{0,73 \cdot 10^6} = 0,397;$$

валовая производительность

$$P_{в} = \frac{57,13 \cdot 10^6}{0,73 \cdot 10^6} = 78,3 \text{ т}\cdot\text{км}/(\text{кВт}\cdot\text{сут});$$

$$p_{в} = 0,77 \cdot 256,45 \cdot 0,397 = 78,4 \text{ т}\cdot\text{км}/(\text{кВт}\cdot\text{сут}).$$

Для грузового кольца 3:

размер перевозок

$$\sum G = 2 \cdot 37 \cdot 600 = 44,4 \text{ тыс. т};$$

общий тоннаж флота

$$\sum Q_p = (2 \cdot 600) \cdot 37 = 44,4 \text{ тыс. т};$$

грузооборот

$$\sum GI = 2 \cdot 37 \cdot 600 \cdot 591 = 26,24 \text{ млн т}\cdot\text{км};$$

затраты тоннаже-км на перевозку грузов

$$\sum Q_p l_T = (2 \cdot 600) \cdot 37 \cdot 591 = 26,24 \text{ млн т} \cdot \text{км};$$

затраты тоннаже-суток на ход с грузом

$$\sum Q_p t_{x,r} = (2 \cdot 600) \cdot 37 \cdot 1,31 = 0,06 \text{ млн т} \cdot \text{сут};$$

затраты тоннаже-суток в эксплуатации

$$\sum Q_p t_3 = (2 \cdot 600) \cdot 185 = 0,22 \text{ млн т} \cdot \text{сут};$$

нагрузка по отправлению

$$p'_{от} = \frac{44,4 \cdot 10^3}{44,4 \cdot 10^3} = 1 \text{ т/т тоннажа};$$

нагрузка по пробегу

$$p' = \frac{26,24 \cdot 10^6}{26,24 \cdot 10^6} = 1 \text{ т/т тоннажа};$$

средняя техническая скорость

$$u' = \frac{26,24 \cdot 10^6}{0,06 \cdot 10^6} = 437,33 \text{ км/сут};$$

коэффициент использования времени на ход с грузом

$$\tau'_{x,r} = \frac{0,06 \cdot 10^6}{0,22 \cdot 10^6} = 0,273;$$

валовая производительность

$$p'_B = \frac{26,24 \cdot 10^6}{0,22 \cdot 10^6} = 119,3 \text{ т} \cdot \text{км}/(\text{т} \cdot \text{сут});$$

$$p'_B = 1 \cdot 437,33 \cdot 0,273 = 119,4 \text{ (т} \cdot \text{км}/\text{т} \cdot \text{сут)}.$$

Для грузового кольца 4:

размер перевозок

$$\sum G = 2 \cdot 42 \cdot 2000 = 168 \text{ тыс. т};$$

общий тоннаж флота

$$\sum Q_p = (2 \cdot 2000) \cdot 42 = 168 \text{ тыс. т};$$

грузооборот

$$\sum G l = 2 \cdot 42 \cdot 2000 \cdot 348 = 58,46 \text{ млн т} \cdot \text{км};$$

затраты тоннаже-км на перевозку грузов

$$\sum Q_p l_T = (2 \cdot 2000) \cdot 42 \cdot 348 = 58,46 \text{ млн т} \cdot \text{км};$$

затраты тоннаже-суток на ход с грузом

$$\sum Q_{p,t_{x,r}} = (2 \cdot 2000) \cdot 42 \cdot 0,9 = 0,15 \text{ млн т·сут};$$

затраты тоннаже-суток в эксплуатации

$$\sum Q_{p,t_3} = (2 \cdot 2000) \cdot 185 = 0,74 \text{ млн т·сут};$$

нагрузка по отправлению

$$p'_{\text{от}} = \frac{168 \cdot 10^3}{168 \cdot 10^3} = 1 \text{ т/т тоннажа};$$

нагрузка по пробегу

$$p' = \frac{58,46 \cdot 10^6}{58,46 \cdot 10^6} = 1 \text{ т/т тоннажа};$$

средняя техническая скорость

$$u' = \frac{58,46 \cdot 10^6}{0,15 \cdot 10^6} = 389,73 \text{ км/сут};$$

коэффициент использования времени на ход с грузом

$$\tau'_{x,r} = \frac{0,15 \cdot 10^6}{0,74 \cdot 10^6} = 0,203;$$

валовая производительность

$$p'_b = \frac{58,46 \cdot 10^6}{0,74 \cdot 10^6} = 79 \text{ т} \cdot \text{км}/(\text{т} \cdot \text{сут});$$

$$p'_b = 1 \cdot 389,73 \cdot 0,203 = 79,1 \text{ т} \cdot \text{км}/(\text{т} \cdot \text{сут}).$$

Для всего бассейна по самоходному флоту:

размер перевозок

$$\sum G = 44,4 \cdot 10^3 + 168,0 \cdot 10^3 = 212,4 \text{ тыс. т};$$

общий тоннаж флота

$$\sum Q_p = (2 \cdot 600) \cdot 37 + (2 \cdot 2000) \cdot 42 = 212,4 \text{ тыс. т};$$

грузооборот

$$\sum Gl = 2 \cdot 42 \cdot 2000 \cdot 348 + 2 \cdot 37 \cdot 600 \cdot 591 = 84,7 \text{ млн т} \cdot \text{км};$$

затраты тоннаже-км на перевозку грузов

$$\sum Q_{p,l,r} = (2 \cdot 600) \cdot 37 \cdot 591 + (2 \cdot 2000) \cdot 42 \cdot 348 = 84,7 \text{ млн т} \cdot \text{км};$$

затраты тоннаже-суток на ход с грузом

$$\sum Q_{p,t_{x,r}} = (2 \cdot 600) \cdot 37 \cdot 1,31 + (2 \cdot 2000) \cdot 42 \cdot 0,9 = 0,21 \text{ млн т} \cdot \text{сут};$$

затраты тоннаже-суток в эксплуатации

$$\sum Q_{p,t_3} = (2 \cdot 600) \cdot 185 + (2 \cdot 2000) \cdot 185 = 0,96 \text{ млн т} \cdot \text{сут};$$

нагрузка по отправлению

$$p'_{\text{от}} = \frac{212,4 \cdot 10^3}{212,4 \cdot 10^3} = 1 \text{ т/т тоннажа};$$

нагрузка по пробегу

$$p' = \frac{84,7 \cdot 10^6}{84,7 \cdot 10^6} = 1 \text{ т/т тоннажа};$$

средняя техническая скорость

$$u' = \frac{84,7 \cdot 10^6}{0,21 \cdot 10^6} = 403,33 \text{ км/сут};$$

коэффициент использования времени на ход с грузом

$$\tau'_{\text{х.г}} = \frac{0,21 \cdot 10^6}{0,96 \cdot 10^6} = 0,219;$$

валовая производительность

$$p'_B = \frac{84,7 \cdot 10^6}{0,96 \cdot 10^6} = 88,23 \text{ т} \cdot \text{км}/(\text{т} \cdot \text{сут});$$

$$p'_B = 1 \cdot 403,33 \cdot 0,219 = 88,23 \text{ т} \cdot \text{км}/(\text{т} \cdot \text{сут}).$$

Для всего бассейна по несамостоятельному флоту:

размер перевозок

$$\sum G = 11 \cdot 17 \cdot (1432 + 338) + 9 \cdot 20 \cdot 338 = 372,36 \text{ тыс. т};$$

общая регистровая мощность флота

$$\sum N_p = (11 \cdot 440) \cdot 17 + (11 \cdot 440) \cdot 17 + (9 \cdot 440) \cdot 20 = 243,76 \text{ тыс. кВт};$$

грузооборот

$$\begin{aligned} \sum Gl &= 11 \cdot 17 \cdot 1432 \cdot 591 + 11 \cdot 17 \cdot 338 \cdot 939 + \\ &+ 9 \cdot 20 \cdot 338 \cdot 939 = 274,74 \text{ млн т} \cdot \text{км}; \end{aligned}$$

затраты тяги на перевозку грузов

$$\begin{aligned} \sum N_{pT} &= (11 \cdot 440) \cdot 17 \cdot 591 + (11 \cdot 440) \cdot 17 \cdot 939 + (9 \cdot 440) \cdot 20 \cdot 939 = \\ &= 200,26 \text{ млн кВт} \cdot \text{км}; \end{aligned}$$

затраты тяги на ход с грузом

$$\begin{aligned} \sum N_{pT_{\text{х.г}}} &= (11 \cdot 440) \cdot 17 \cdot 1,7 + (11 \cdot 440) \cdot 17 \cdot 3,67 + \\ &+ (9 \cdot 440) \cdot 20 \cdot 3,67 = 0,73 \text{ млн кВт} \cdot \text{сут}; \end{aligned}$$

затраты тяги в эксплуатации:

$$\sum N_{pT_3} = (11 \cdot 440) \cdot 185 + (9 \cdot 440) \cdot 185 = 1,63 \text{ млн кВт} \cdot \text{сут};$$

нагрузка по отправлению

$$p_{от} = \frac{372,36 \cdot 10^3}{243,76 \cdot 10^3} = 1,53 \text{ т/кВт};$$

нагрузка по пробегу

$$p = \frac{274,74 \cdot 10^6}{200,26 \cdot 10^6} = 1,37 \text{ т/кВт};$$

средняя техническая скорость

$$u = \frac{200,26 \cdot 10^6}{0,73 \cdot 10^6} = 274,33 \text{ км/сут};$$

коэффициент использования времени на ход с грузом

$$\tau_{х.г} = \frac{0,73 \cdot 10^6}{1,63 \cdot 10^6} = 0,448;$$

валовая производительность

$$p_v = \frac{274,74 \cdot 10^6}{1,63 \cdot 10^6} = 168,55 \text{ т} \cdot \text{км}/(\text{кВт} \cdot \text{сут});$$

$$p_v = 1,37 \cdot 274,33 \cdot 0,448 = 168,37 \text{ т} \cdot \text{км}/(\text{кВт} \cdot \text{сут}).$$

Результаты расчетов эксплуатационных показателей работы флота сведены в таблицу 6.13.

Таблица 6.13 – Эксплуатационные показатели работы флота

Показатель	Расчетная формула, обозначение	Результат расчета по грузовому кольцу				Результат расчета по бассейну
		1	2	3	4	
Размер перевозок, тыс. т	$\sum G$	311,52	60,84	44,40	168,00	584,76
Общая регистровая грузоподъемность (мощность) флота, тыс. т (кВт)	$\frac{\sum Q_p}{(\sum N_p)}$	(164,56)	(79,20)	44,40	168,00	212,4 (243,76)
Грузооборот, млн т·км	$\sum GI$	217,61	57,13	26,24	58,46	359,44
Затраты тоннажа (тяги) на перевозку груза, млн т·км (млн кВт·км)	$\frac{\sum Q_{p,t}}{(\sum N_{p,t})}$	(125,89)	(74,37)	26,24	58,46	84,7 (200,26)
Затраты тоннаже-суток (кВт·сут) на ход с грузом, млн т·сут (млн кВт·сут)	$\frac{\sum Q_{p,t,g}}{(\sum N_{p,t,g})}$	(0,44)	(0,29)	0,06	0,15	0,21 (0,73)

Затраты тоннаже- суток (кВт·суток) в эксплуатации, млн т·сут (млн кВт·сут)	$\frac{\sum Q_p t_s}{(\sum N_p t_s)}$	(0,90)	(0,73)	0,22	0,74	0,96 (1,63)
Нагрузка по отправлению, т/т тоннажа (т/кВт)	$p'_{ор} = \frac{\sum G}{\sum Q_p}$ $\left(p_{ор} = \frac{\sum G}{\sum N_p} \right)$	(1,89)	(0,77)	1,00	1,00	1,00 (1,53)
Нагрузка по пробегу, т/т тоннажа (т/кВт)	$p'_{ор} = \frac{\sum G l}{\sum Q_p l_r}$ $\left(p_{ор} = \frac{\sum G l}{\sum N_p l_r} \right)$	(1,73)	(0,77)	1,00	1,00	1,00 (1,37)
Средняя техническая скорость, км/сут	$u' = \frac{\sum Q_p l_r}{\sum N_p t_{xr}}$ $\left(u = \frac{\sum N_p l_r}{\sum N_p t_{xr}} \right)$	(286,05)	(256,45)	437,33	389,73	403,33 (274,33)
Коэффициент использования времени на ход с грузом	$\tau'_{xr} = \frac{\sum Q_p t_{xr}}{\sum Q_p t_s}$ $\left(\tau_{xr} = \frac{\sum N_p t_{xr}}{\sum N_p t_s} \right)$	(0,489)	(0,397)	0,273	0,203	0,219 (0,448)
Валовая производительность, т·км/(т·сут) (т·км/(кВт·сут))	$p'_b = p' \tau'_{xr} u'$ $(p_b = p \tau_{xr} u)$	(242,0)	(78,4)	119,4	79,1	88,2 (168,4)

6.4 Выводы

На заданном участке водного пути к освоению предъявлено четыре грузопотока размером 370 тыс. т и общим грузооборотом 253,14 млн т·км примерно одинакового распределения по направлениям движения: $\rho_r'' = 0,947$, с наибольшей плотностью перевозок на участке В–А.

С учетом физико-химических свойств грузов и специфики участка водного пути для осуществления перевозок предлагается использовать следующий подвижной состав: для перевозки соли – теплоход проекта 21-88, перевозки щебня в прямом направлении и леса в обратном – толкаемый состав с формой счала Т+1 из баржи проекта Р171 и толкача проекта 887, перевозки мазута – толкаемый состав из баржи проекта 866М и толкача проекта 887. Нормы загрузки флота составляют: теплохода проекта 21-88 солью – 2000 т, при регистражной грузоподъемности 2000 т; теплоход проекта 866М мазутом – 600 т, при регистражной грузоподъемности 600 т; баржи проекта Р171 щебнем – 1432 т, лесом – 338 т, при регистражной грузоподъемности 2500 т.

На основании рассчитанных значений судопотока и составопотока заключается, что по линейной форме движение должно быть выполнено при перевозке щебня – 125; леса – 355; мазута – 66; соли – 15 отправлений.

Остальное количество грузов (1000 т щебня) рекомендуется перевезти по рейсовой форме организации движения флота теплоходом проекта 559 Б с регистражной грузоподъемностью 1200 т.

Для четырех намеченных грузовых колец рассчитаны характеристики грузовых линий:

для грузового кольца 1:

$$t_{кр} = 9,5 \text{ сут}; t_{от} = 161,5 \text{ сут}; r = 0,77 \text{ сут}^{-1}; t_{н} = 1,3 \text{ сут};$$

грузового кольца 2:

$$t_{кр} = 8 \text{ сут}; t_{от} = 163 \text{ сут}; r = 1,41 \text{ сут}^{-1}; t_{н} = 0,71 \text{ сут};$$

грузового кольца 3:

$$t_{кр} = 4,5 \text{ сут}; t_{от} = 166,5 \text{ сут}; r = 0,40 \text{ сут}^{-1}; t_{н} = 2,5 \text{ сут};$$

грузового кольца 4:

$$t_{кр} = 4 \text{ сут}; t_{от} = 167 \text{ сут}; r = 0,09 \text{ сут}^{-1}; t_{н} = 11,1 \text{ сут}.$$

При разработанной системе организации перевозок для реализации ее мероприятий требуется 20 составов с формой счала Т+1 из буксира-толкача проекта 887 и баржи проекта Р171, два теплохода проекта 866М и один теплоход проекта 21-88.

Планируемые значения эксплуатационных показателей сведены в таблицу 6.13.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Ирхин, А. П.** Организация работы флота и портов / А. П. Ирхин, А. М. Казанцев. – М. : Транспорт, 1966. – 243 с.
- 2 **Захаров, В. Н.** Организация работы речного флота : учеб. для вузов / В. Н. Захаров, В. П. Зачесов, А. Г. Малышкин. – М.: Транспорт, 1994. – 287 с.
- 3 **Зачесов, В. П.** Технология и организация перевозок на речном транспорте / В. П. Зачесов, В. Г. Филоненко. – Новосибирск : Сибирское соглашение, 2005. – 400 с.
- 4 **Малышкин, А. Г.** Организация и планирование работы речного флота / А. Г. Малышкин. – М. : Транспорт, 1985. – 215 с.
- 5 **Пищик, Ф. П.** Организация пропуска судов и составов через судоходный шлюз : пособие для выполнения лабораторной работы / Ф. П. Пищик. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 36 с.
- 6 **Пищик, Ф. П.** Рекомендации к оформлению дипломных проектов / Ф. П. Пищик. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 63 с.
- 7 **Гаринов, К. А.** Показатели использования флота, методы их расчета и анализа / К. А. Гаринов. – М. : Транспорт, 1978. – 132 с.
- 8 **Пьяных, С. М.** Экономико-математические методы оптимального планирования работы речного транспорта / С. М. Пьяных. – М. : Транспорт, 1988. – 153 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	грузенем	порожнем		грузенем	порожнем	
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-Г», 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-Г», 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
1743	«Якутск», с люковыми закрытиями	1900	«М»	108,4	15,0	14,1	2,51	0,89	1050	19,5	20,0	15

292	«Сибирский-2101», с люковыми закрытиями	2100	«М-СП»	128,3	15,6	13,4	2,52	1,90	1325	20,5	21,0	15
613	«Балтийский-191», с люковыми закрытиями	2000	«М-СП»	94,7	13,2	16,0	3,65	2,15	1280	23,1	23,8	20
11	«Большая Волга», с люковыми 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-1», 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 люковыми 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
276	«Дон», теплоход с люковыми закрытиями	700	«О»	67,3	8,5	7,4	2,14	0,63	440	16,5	20,4	10
765	«Унжа», теплоход с люковыми 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-овощевоз	600	«О-ПР»	86,0	12,2	10,8	1,70	0,94	680	19,0	21,0	10
912 А	«СТ-301», открытый теплоход	350	«Р»	62,3	9,3	8,6	1,23	1,15	330	18,5	20,1	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	груженым	порожнем		груженым	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	«ГО-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
P42	Танкер палубный	600	«О»	66,0	9,5	11,3	2,02	0,24	330	16,5	18,5	8
P135	«Вятка-1», 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 несамоходного флота

Проект судна	Тип судна	Грузоподъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка, м, в состоянии	
				длина	ширина	высота	груженым	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
P79	Открытая баржа	3800	«О»	98,7	14,3	11,7	3,70	0,46
P79А	Баржа трюмная	3750	«О»	98,4	14,3	10,5	3,70	0,63
P29	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
P56	Баржа-площадка	2800	«Р»	86,0	17,8	9,1	2,60	0,39
P85	Бункерная баржа	2500	«О»	88,1	14,4	7,4	2,68	0,47
P171	Баржа-площадка	2500	«О»	86,8	16,7	7,3	2,30	0,41
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
562	Рудовоз	550	«Р»	65,4	14,0	4,4	1,34	0,38
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
51Б	Тентовая баржа	120	«Р»	35,3	7,8	4,5	0,80	0,30
P127	Баржа трюмная для перевозки зерна	120	«Р»	35,5	7,5	4,7	0,83	0,32

Таблица А.4 – Техническая характеристика наливного несамоходного флота

Проект судна	Тип судна	Грузоподъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии	
				длина	ширина	высота	гружено м	порожне м
581А	Баржа-площадка	60	«Р»	24,6	5,8	2,9	0,70	0,18
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

Окончание таблицы А.4

Проект судна	Тип судна	Грузоподъемность, т	Класс Речного Регистра	Габаритные размеры, м			Осадка судна, м, в состоянии	
				длина	ширина	высота	гружено м	порожне м
Р63	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

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

**Перечень тем (вопросов), требуемых для изучения дисциплины
«Технология и организация перевозочного процесса»**

1 Понятие грузового и пассажирского потоков. Показатели грузовых и пассажирских перевозок. Формы изображения грузопотоков.

2 Транспортный процесс. Технологические процессы работы судна и операции, их составляющие.

3 Организация перевозок и движения флота. Достоинства, недостатки и области применения рейсовой формы организации движения судов.

4 Организация перевозок и движения флота. Достоинства, недостатки и области применения линейной формы организации движения судов.

5 Понятие грузопотока. Характеристики грузопотоков, их сочетание по направлениям, периодам и родам грузов.

6 Понятие грузопотока, их рациональные схемы.

7 Формы организации движения флота. Их достоинства, недостатки и области эффективного применения.

8 Классификация грузовых линий и их характеристики. Достоинства, недостатки и области применения линейной формы организации движения судов.

9 Содержание и состав технических норм. Техническое нормирование работы флота. Нормирование загрузки судов.

10 Содержание и состав технических норм. Нормирование скорости и ходового времени судна.

11 Содержание и состав технических норм. Нормирование времени обработки судов в портах: грузовой обработки, технических и технологических операций.

12 Эксплуатационные показатели работы транспортного флота. Система, состав и назначение эксплуатационных показателей. Расчет эксплуатационных показателей нагрузки.

13 Эксплуатационные показатели работы транспортного флота. Система, состав и назначение эксплуатационных показателей. Расчет эксплуатационных показателей скорости.

14 Эксплуатационные показатели работы транспортного флота. Система, состав и назначение эксплуатационных показателей. Расчет эксплуатационных показателей времени.

15 Эксплуатационные показатели работы транспортного флота. Система, состав и назначение эксплуатационных показателей. Расчет эксплуатационных показателей производительности.

16 Экономические показатели работы транспортного флота: эксплуатационные расходы и себестоимость перевозок; доходы и прибыль от перевозок; рентабельность и фондоотдача; производительность труда.

17 Система эксплуатационно-экономических показателей работы флота. Зависимость эксплуатационных показателей от условий работы флота.

18 Взаимосвязь эксплуатационных и экономических показателей. Зависимость экономических показателей от условий работы флота.

19 Система планирования работы флота.

20 Текущее и перспективное планирование.

21 Навигационное планирование. Понятие о графике движения флота.

22 Понятие о графике движения флота. План тягового обслуживания несамоходного подвижного состава.

23 Понятие о графике движения флота. План портового и путевого обслуживания судов.

24 Система оперативного планирования. Производственно-финансовые планы работы транспортных судов.

25 Система оперативного планирования. Содержание и показатели производственно-финансового плана.

26 Система оперативного планирования. Рейсовое и повахтенное планирование работы судового экипажа.

27 Система оперативного регулирования работы флота и портов.

28 Назначение и содержание месячного технического плана и его увязка с навигационным планом.

29 Содержание и задачи диспетчерского управления.

30 Организация работы диспетчерского аппарата.

31 Значение и содержание календарного планирования транспортного процесса.

32 Состав и взаимосвязь декадных и сменно-суточных диспетчерских планов.

33 Организация открытия и завершения навигации. Технические средства продления навигации.

34 Организация плотовых перевозок: технологические схемы лесотранспортного процесса, сплотно-формировочные работы, типы плотов.

35 Организация пассажирских перевозок: виды пассажирских перевозок, линии и схемы пассажирских сообщений, обслуживание пассажиров.

36 Способы тягового обслуживания несамоходного флота. Достоинства, недостатки и области применения тягового обслуживания с закреплением тяги за тоннажем.

37 Способы тягового обслуживания несамоходного флота. Достоинства, недостатки и области применения тягового обслуживания без закрепления тяги за тоннажем.

Учебное издание

КАЗАКОВ Николай Николаевич

**Технология и организация перевозочного процесса
на водном транспорте**

Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта
для студентов факультета безотрывного обучения

Редактор *Т. М. Ризевская*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 24.04.2008 г. Формат 60 × 84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 5,58 Уч.-изд. л. 5,18 Тираж 200 экз.

Зак. № Изд. № 49

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:

ЛИ № 02330/0133394 от 19.07.2004 г.

ЛП № 02330/0148780 от 30.04.2004 г.

246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.