Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА
имени адмирала С.О. МАКАРОВА**

КАФЕДРА ПОРТОВ И ГРУЗОВЫХ ТЕРМИНАЛОВ

А.Л. Кузнецов, О.А. Изотов, А.В. Кириченко

ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТЫ ПОРТА

Учебное пособие
Под общ. ред. д-ра техн. наук А. В. Кириченко

Санкт-Петербург
Издательство ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова
2013

УДК
К
К Кузнецов А.Л., Изотов О.А., Кириченко А.В. Технология работы порта: учеб. пособие / Под общ. ред. д-ра техн. наук А. В. Кириченко . – СПб.: Изда-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2013. –

ISBN

Соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования по направлению подготовки 190700 «Технология транспортных процессов» профиль «Организация перевозок и управление на транспорте (водном)».

В учебном пособии излагаются подходы к планированию технологических процессов в морских портах, включая начальный этап выработки и принятия технологических решений – этап технологического проектирования портов. Рассмотрены закономерности эволюционного развития портов. Представлена зависимость современного облика порта от стадии его развития. Раскрыты методики выработки технологических решений.

В гл. 3 использованы материалы Н. В. Демьянова.

Предназначено для курсантов (студентов) 3 и 4-го курса, изучающих дисциплины «Организация и технология перегрузочных процессов» и «Управление работой порта» очной и заочной формы обучения. Может оказать практическую помощь специалистам в области управления морским транспортом, а также быть использовано в работе проектно-конструкторских учреждений в области транспорта и в научной работе.

Рекомендовано к изданию кафедрой Портов и грузовых терминалов, протокол от 3 декабря 2013 г. № 12/13.

Рецензенты:

Скороходов Д.А., д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник Института проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук;

Рябинин А.В., гл. инженер ОАО «Ленморниипроект».

ISBN
© ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2014
© Кузнецов А.Л., Изотов О.А., Кириченко А.В., 2014

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ……
ВВЕДЕНИЕ……
1. ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КАК ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ
1.1. Общие положения……
1.2. Производственные и транспортные технологические процессы……
1.3. Транспортные технологические системы как объект логистики……
1.4. Эволюция портов и грузовых терминалов как технологических систем….
1.5. Постановка задачи технологического проектирования морского порта…
Контрольные вопросы…….
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОРТОВ И ГРУЗОВЫХ ТЕРМИНАЛОВ…….
2.1. Аналитические оценки объектов…….
2.2. Методы теории вероятности в технологическом проектировании…..
2.3. Методы теории массового обслуживания в технологическом проектировании……..
2.4. Методы Монте-Карло в технологическом проектировании…….
2.5. Анализ терминала методами генерации сценариев……
2.6. Описание дифференциальной методики…….
2.7. Анализ терминала при фиксированных параметрах формирования грузовых партий……
2.8. Описание интегральной методики……..
2.9. Методика анализа, основанная на имитационном моделировании…..
Контрольные вопросы…….
3. СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЕ МОРСКОГО ПОРТА……
3.1. Производственный и технологический процессы на морском транспорте
3.2. Элементы и структура технологических процессов в порту…….
3.3. Технологический процесс обработки судов……
Контрольные вопросы……..
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…….
ГЛОССАРИЙ……

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВПТ – внутрипортовая транспортировка
ИТ – информационные технологии
МГФ – морской грузовой фронт
ПОС – план обработки судна
ПрП – производственный процесс
ПРТС – погрузочно-разгрузочные и транспортно-складские работы
РТК – рабочая технологическая карта
СКЛ – склад хранения груза
ТГФ – тыловой грузовой фронт
ТЛ – технологическая линия
ТМО – теория массового обслуживания
ТО – технологическая операция
ТП – технологический процесс
ТПГОС – технологический план-график обработки судна
ТПС – торгово-промышленное судоходство
ТрП – транспортный процесс
ТС – технологическая система
ТТС – транспортно-технологическая система

ВВЕДЕНИЕ

Последние десятилетия характеризуются существенным скачком развития транспортных технологий, совершенствованием интегрированных транспортных систем, объединяющих в единый процесс производственную деятельность как транспортных средств различных видов транспорта, так и пунктов их взаимодействия – транспортных узлов.

Современные морские порты – это комплексные высокомеханизированные предприятия, выполняющие функции транспортных узлов. Торговый порт в известной мере отражает специализацию и уровень развития экономики страны, питающей его грузами. Вместе с тем масштабы производственной деятельности морского порта во многом зависят от величины и степени развития тяготеющего к нему внутреннего и внешнего районов. Первый из них, так называемый *хинтерленд*, представляет собой территорию, хозяйство которой тяготеет к порту и на которой формируются основная номенклатура и объемы грузов, проходящих через него. Это означает, что хинтерленд служит естественным рынком сбыта услуг своего порта, связанных с переработкой грузов и обслуживанием пассажиров, причем эти услуги продаются на самых выгодных условиях для данного района. Такой рынок складывается под влиянием географических, экономических и политических условий.

Границы хинтерленда довольно условны. В первом приближении их проводят либо по линиям равной удаленности от порта, либо по линиям одинаковых отрезков времени, необходимого для того, чтобы доехать в этот порт, либо по путям, на которых производятся минимальные транспортные затраты по доставке грузов в порт, и т.п. Конечно, зоны тяготения нескольких портов могут перекрываться. В таких случаях портам свойственна жестокая конкурентная борьба. Пределы хинтерленда могут изменяться с течением времени, но, чем короче расстояние от них до порта, тем прочнее связи между портом и тяготеющей к нему зоной.

Второй, внешний район (*форленд*), с которым экономически взаимодействует порт, – это территории других стран, куда он направляет и откуда получает грузы с помощью морского транспорта. Исходя из существа понятия, форленд иногда называют зоной внешних связей порта. В отличие от хинтерленда, для порта общего назначения она значительно шире, так как в нее может входить любой порт мира. Форленд порта изменяется во времени по мере установления и развития связей то с одними, то с другими портами. Конечно, для определенного порта складываются такие районы, которые по сравнению с другими образуют относительно постоянную зону его морских связей.

«Морские порты Российской Федерации имеют стратегическое значение для развития народно-хозяйственного комплекса Российской Федерации, обеспечения экспортных потребностей Российской Федерации. Для соответствия торговым и транспортным потребностям страны морские порты России должны предоставлять конкурентоспособную на международном уровне портовую инфраструктуру и оказывать качественные услуги в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе. Потребность в долгосрочном планировании особенно остро ощущается в сфере развития портовой инфраструктуры – жизненный цикл проектов в морских портах охватывает десятилетия, что обозначает необходимость долгосрочного прогнозирования спроса на портовую инфраструктуру, её влияния на экономику и экологию. Достижение лидирующих позиций без комплексной технологической модернизации всех инфраструктурных отраслей, в том числе морских портов, невозможно»[1].

Успешная реализация своих экономических функций в конкурентной среде возможна для порта только при условии его технологических преимуществ – как организационных, обеспечивающих оптимальное взаимодействие элементов порта, так и технических, обусловливающих возможность применения целесообразных способов обработки транспортных средств и хранения грузов. В этой связи в учебном пособии излагаются подходы к планированию технологических процессов в морских портах, включая начальный этап выработки и принятия технологических решений – этап технологического проектирования портов. Рассмотрены закономерности эволюционного развития портов. Представлена зависимость современного облика порта от стадии его развития. Раскрыты методики выработки технологических решений.

Предназначено для курсантов (студентов), изучающих дисциплины «Организация и технология перегрузочных процессов» и «Управление работой порта» очной и заочной формы обучения. Может оказать

[1] «Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 г.»

практическую помощь специалистам в области управления морским транспортом, а также быть использовано в работе проектно-конструкторских учреждений в области транспорта и в научной работе.

1. ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КАК ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ

1.1. Общие положения

Слово «технология» происходит от греческих «технос» – искусство, ремесло, и «логос» – наука, слово. Дословно «технология» – наука о ремесле.

Технология – в широком смысле – совокупность производственных методов и процессов в определенной отрасли производства, а также научное описание способов производства; в узком – комплекс организационных мер, операций и приёмов, направленных на изготовление, обслуживание, ремонт и/или эксплуатацию изделия с номинальным качеством и оптимальными затратами, и обусловленных текущим уровнем развития науки, техники и общества в целом.

При этом:

– под термином «изделие» следует понимать любой конечный продукт труда (материальный, интеллектуальный, моральный, политический и т. п.);

– под термином «номинальное качество» следует понимать качество прогнозируемое или заранее заданное, например, оговоренное техническим заданием и согласованное техническим предложением;

– под термином «оптимальные затраты» следует понимать минимально возможные затраты, не влекущие за собой ухудшение условий труда, санитарных и экологических норм, норм технической и пожарной безопасности, сверхнормативный износ орудий труда, а также финансовых, экономических, политических и прочих рисков.

Технология материального производства определяется особенностями области промышленности и беспрерывно развивается вместе с техникой. Каждое предприятие выпускает продукцию по определенной технологии.

Технология получения определенных видов продукции, как правило, состоит из разных процессов. Их количество, состав, последовательность выполнения зависит от исходного сырья, его подготовки, сложности и количества оборудования, орудий работы, организации производства.

Одной из основных отраслей материального производства является транспорт. На транспорте, как в добывающей и обрабатывающей промышленности и в сельском хозяйстве, создается стоимость. Рассматривая транспорт как отрасль материального производства, необходимо учитывать характерные его особенности.

К первой особенности транспортной отрасли материального производства следует отнести то, что транспорт не создает новых вещественных продуктов. В результате производственного процесса – перевозки груза, изменяется место пребывания последнего и одновременно создается новая потребительная стоимость.

Эта особенность транспортной отрасли материального производства привела к тому, что до сих пор ведутся дискуссии по вопросу о том, что считать транспортной продукцией. Отдельные авторы высказывают мнения, что поскольку на транспорте нет натуральной формы продукции, не может быть и натуральных измерителей объема этой продукции. Другие говорят, что транспорт производит услуги (т. е. это не отрасль материального производства, а сфера обслуживания). Третьи считают, что перемещение грузов является одновременно и производственным процессом и продукцией транспорта, что транспортная продукция и транспортная работа – понятие идентичные, что продукция транспорта не может накапливаться, т. е. производиться в запас и потребляться впоследствии, в иных местах, иными силами и средствами, для иных потребителей и др.

Продукт, произведенный в добывающей, сельскохозяйственной и обрабатывающей отраслях, не является «товаром» в экономическом смысле, пока он не доставлен в пункт потребления конечному потребителю. В этом случае транспорт является отраслью, сохраняющей созданную потребительную стоимость произведенных товаров, т. е. участвующий в завершающей стадии технологии производственного процесса всех других отраслей материального производства.

Вторая особенность транспортной сферы материального производства состоит в том, что основной экономический эффект от работы транспорта происходит не внутри отрасли, а за ее пределами (в предприятиях и организациях, для которых выполняются перевозки).

Эффективность функционирования транспорта – двуединое понятие, с одной стороны, показывающее насколько рационально в существующих условиях работает сама транспортная отрасль, и, с другой стороны, определяющее, какой экономический эффект получают (имеют) отрасли материального производства, в которых транспорт работает.

Одна из важнейших задач транспорта – минимизация затрат, связанных с сохранением потребительной стоимости созданных товаров. Имеется в виду не только снижение себестоимости перевозок, но главным образом, снижение затрат, связанных с несвоевременными перевозками (последующей невозможностью своевременного потребления перевозимых материальных средств, в том числе – с целью получения прибыли; неполученной прибылью) и «замораживанием» оборотных средств, как на хранение сырья, так и готовой продукции.

Увеличение стоимости товара в процессе перевозки происходит за счет себестоимости перевозок, т. е. за счет издержек, связанных с затратой живого труда транспортных работников и эксплуатационных материалов, и стоимости средств производства, которые, в свою очередь, зависят пропорционально от объема и расстояния перевозки и, в какой-то степени, от стоимости перевозимого товара.

Продукт труда на транспорте только тогда становится товаром, когда он закончил передвижение от места производства до места потребления. Если груз не доставлен на место потребления, то средства транспорта и труд, необходимые для перемещения, использованы неэффективно. В результате такого перевозочного процесса никакой полезной транспортной продукции не создано.

Равный объем транспортной продукции может создаваться при различных затратах и различных объемах выполненной транспортной работы. Транспортные издержки на перемещение грузов можно представить как совокупность чистых издержек обращения и издержек, связанных с производством. Последние прибавляют к перевозимым товарам дополнительную стоимость в том размере, в каком процесс производства продолжается в сфере перемещения грузов, т. е. пока перевозки товара являются неизбежными, транспортные издержки являются издержками, связанными с производством.

При выполнении нерациональных перевозок транспортные затраты становятся чистыми издержками обращения, которые не прибавляют к перевозимым грузам добавочной стоимости, а, наоборот, снижают общественные доходы. Поэтому объем перевозок грузов, а следовательно, – и транспортные затраты должны соответствовать производимой товарной продукции. Перевыполнение этого объема перевозок необходимо рассматривать не как положительное явление, а как отрицательное, ведущее к непроизводительному расходованию общественного богатства.

К третьей особенности относится то, что транспорт не является независимой отраслью. Эта отрасль зависит от функционирования других отраслей материального производства, являясь открытой системой, погруженной в экономику страны и мира, и связанной с ней сетью обратных связей.

Как отрасль материального производства, транспорт использует собственные технологии – **технологии транспортных процессов** – комплексы организационных мер, операций и приёмов, направленных на рациональную в данных условиях транспортного производства подготовку, погрузку, транспортировку, выгрузку и временное хранение грузов.

Под **технологией перевозок** понимают способы размещения и крепления грузов на судах и систему действий, совершаемых на судне предварительно и в течение рейса для предупреждения порчи и повреждения грузов. Конкретная технология перевозок предусматривает использование определенных технических средств, необходимых для ее реализации: судов соответствующего типа с грузовыми помещениями нужной конфигурации и размеров; средств укрупнения грузовых мест (контейнеров, трейлеров, поддонов, строп-лент и т. д.), сепарационных (подкладочных и прокладочных) и крепежных приспособлений и материалов; вентиляционных и рефрижераторных систем и т. д.

Технология погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ (ПРТС) – определяет порядок и последовательность выполнения операций по погрузке, выгрузке, транспортировке и складированию грузов, используемые технические средства, а также устанавливает требования по охране труда. Под *организацией погрузочно-разгрузочных работ* понимается комплекс мероприятий, которыми определяются место, состав, последовательность и продолжительность выполнения погрузочно-разрузочных операций, род перерабатываемых грузов, способы их размещения, складирования и застропки (захвата), типы применяемых грузоподёмных и транспортных средств и способы их установки относительно друг друга и перемещаемого груза, а также состав звена рабочих, принимающих участие в погрузочно-разгрузочных работах.

1.2. Производственные и транспортные технологические процессы

В основе материального производства лежит технологический процесс, который является частью производственного процесса. Одновременно технологический процесс состоит из отдельных элементов (составных частей).

Процесс – это последовательная смена состояний стадий развития.

Производственный процесс (ПрП) в общем виде – комплекс разнообразных по характеру трудовых и машинных операций, выполняемых в определенной последовательности и взаимосвязи для осуществления той или иной производственной функции. Для транспортной отрасли материального производства – это перемещение груза от места производства до места его потребления.

Транспортный процесс (ТрП) – это совокупность организационно и технологически взаимосвязанных действий и операций с грузами и средствами транспорта, в результате выполнения которых грузы изменяют свое положение в пространстве.

Транспортный процесс является многоэлементным, так как включает операции с транспортными средствами (процесс перевозки) и операции с грузами (погрузка и разгрузка). Структура транспортного процесса включает три основных элемента (подпроцесса):

– процесс погрузки;

– процесс перевозки;

– процесс разгрузки.

Основной элемент транспортного процесса – перевозка грузов, все другие элементы подчинены ему. Перевозочный процесс включает работу транспортных средств с момента подачи под погрузку, их движение с грузом до постановки под разгрузку.

Процессы погрузки и разгрузки состоят из возможного ожидания погрузки (разгрузки) и обслуживания. Ожидание погрузки (разгрузки) грузов может быть связано с опозданием транспортных средств, занятостью погрузочно-разгрузочных средств и др. Обслуживание включает собственно погрузку (разгрузку), а также оформление документов, если эта операция полностью не осуществляется во время ожидания погрузки (разгрузки) и обслуживания.

Технологический процесс (ТП) – часть производственного процесса, содержащая предписанные целенаправленные действия по разовому изменению и (или) определению состояния предмета труда. Под изменением состояния предмета труда понимается изменение его физических, химических, механических свойств, геометрии, внешнего вида и местоположения. Технологические процессы состоят из ряда явлений, которые отличаются характером качественных изменений и преобразований.

При производстве портовых погрузочно-разгрузочных работ технологический процесс определяет характер и последовательность действий, совершаемых с грузом при его перемещении с одних транспортных средств на другие через склад или минуя его.

Каждый технологический процесс может быть разделен на отдельные *технологические звенья (операции)* и изображен в виде *технологической схемы*.

Технологическая операция (ТО) – это часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте, над одним или несколькими одновременно обрабатываемыми объектами, одним или несколькими рабочими. Условие непрерывности операции означает выполнение предусмотренной ею работы без перехода к обработке другого объекта.

Как видно, операция характеризуется *неизменностью* 1) рабочего места, 2) технологического оборудования, 3) предмета труда и 4) исполнителя. При изменении одного из этих условий имеет место новая операция.

При производстве погрузочно-разгрузочных работ операция также представляет собой совокупность действий, совершаемых с грузом в ходе технологического процесса на *определенном рабочем месте* (в трюме, вагоне, на складе, на причале и т. д.). В связи с этим различают судовую, вагонную, кордонную (причальную), внутрипортовую транспортную, передаточную, складскую и автотранспортную операции, а также операции по наполнению и опорожнению контейнеров, ролл-трейлеров и других средств укрупнения грузовых мест.

Место производства судовой, контейнерной, вагонной и складской операций определено самим назва-

нием. Кордонная (причальная) операция представляет собой перемещение груза из судна на причал или непосредственно на другие транспортные средства либо склад в зоне действия прикордонного крана и обратно. Внутрипортовая транспортная операция – перемещение груза по территории порта между местами выполнения перегрузочных работ (причалом, складом, вагоном и т. д.). Передаточная операция является промежуточной и представляет собой передачу груза от одной подъемно-транспортной машины к другой. Она следует, как правило, за кордонной и складской операциями или предшествует им. Автотранспортную операцию выполняют в кузовах и на прицепах магистральных автотранспортных средств, осуществляющих завоз грузов в порт или вывоз их из порта.

Операции технологического процесса состоят из *сочетания различных элементов*:

– формирования «подъема» из отдельных грузовых мест, т. е. взятия из штабеля, перемещения, укладки на средство укрупнения;

– застропки (захвата) груза перегрузочной машиной, т. е. подхода рабочего, застропки, предварительного натяжения стропов, проверки правильности застропки;

– подъема и переноса груза перегрузочной машиной с необходимым маневрированием и нацеливанием на место установки;

– отстропки «подъема»;

– холостого хода машины без груза и др.

Технологическая операция является *основной единицей производственного планирования и учета*. На основе операций определяется трудоемкость обработки объекта, и устанавливаются нормы времени и расценки, задается требуемое количество рабочих, оборудования, приспособлений и инструментов, определяется себестоимость обработки, производится календарное планирование производства и осуществляется контроль качества и сроков исполнения работ.

Технологические процессы и операции делятся на основные и вспомогательные. В промышленности те процессы, которые обеспечивают преобразование сырья и материалов в готовую продукцию, называются основными. Вспомогательные процессы обеспечивают изготовление продукции, которая используется для обслуживания основного производства.

При производстве портовых погрузочно-разгрузочных работ **основные операции** непосредственно связаны с перемещением груза. **Вспомогательные операции** представляют собой подготовительные, заключительные и сопутствующие технологическому процессу действия, непосредственно не связанные с перемещением груза, но необходимые по условиям производства работ: открытие и закрытие грузовых люков, дверей и ворот; сортировка и перевеска груза; подвоз и установка столов, подставок, мостков и лестниц; укрытие штабелей брезентами и их раскрытие; сепарирование и крепление груза, а также снятие креплений и уборка сепарации; подача погрузчиков и других машин на судно, на столы-рампы и в вагоны.

Вспомогательные операции непосредственно не входят в основной технологический процесс перегрузочных работ, однако тесно связаны с ним, как правило, зависят от него и влияют на него.

Технологические процессы проектируются. При нескольких вариантах технологических процессов выбирают оптимальный.

В основу классификации технологических процессов в промышленности и на транспорте положен ряд общих и частных признаков. В транспортной отрасли различаются технологические процессы:

разовые (дискретные) – когда последовательность технологических операций исполняется единственный раз, например, погрузка тяжеловесного крупногабаритного груза на транспортер;

циклические – когда последовательность технологических операций возобновляется в неизменном порядке необходимое количество раз, например, погрузка навалочного груза грейферным краном;

беспрерывные – когда взаимосвязанные технологические операции протекают необходимое продолжительное время параллельно, не возобновляясь, например, погрузка навалочного груза конвейерным погрузчиком, выгрузка танкера грузовым насосом;

комбинированные – когда циклические и беспрерывные технологические операции выполняются одновременно, последовательно или параллельно, например, выгрузка судна грейферно-конвейерным перегружателем;

ручные – когда все технологические операции и их элементы выполняют вручную без применения подъемно-транспортных машин;

механизированные – в которых хотя бы одна операция выполняется подъемно-транспортной машиной,

при этом, как правило, машины выполняют основные, наиболее трудоемкие операции. Степень механизации технологического процесса определяется отношением количества операций либо их элементов, выполняемых машинами, к общему числу его технологических операций или элементов. Уровень механизации технологических процессов порта либо грузового района определяется отношением количества груза (в тонно-операциях), перегруженного механизированными процессами, к общей грузопереработке (общему числу тонно-операций);

комплексно-механизированные, если все без исключения технологические операции перемещения груза и их элементы выполняются машинами. Вручную могут при этом производиться только отдельные элементы операций, которые не заключаются в перемещении груза: застропка и отстропка, направление (нацеливание) на место укладки, разворот «подъема» навесу, поправка отдельных грузовых мест и т. д;

полностью механизированные – перегрузочные технологические процессы, все без исключения технологические операции которых и их элементы выполняются машинами. Труд рабочих в данном процессе сводится только к управлению машинами;

автоматизированные – технологические процессы, технологические операции которых (хотя бы одна) выполняются машинами автоматически, т. е. без управления рабочим-оператором (крановщиком, водителем, машинистом и т. д.). Степень автоматизации процесса, как и степень механизации, определяется отношением числа автоматически выполняемых технологических операций к общему их количеству. *Автоматической* является такая технологическая операция, все элементы которой выполняются автоматически. Существует также понятие об автоматизированных операциях технологического процесса. *Автоматизированной* является операция, хотя бы один элемент которой выполняется автоматически. Если все технологические операции перегрузочного процесса являются автоматическими, то и весь процесс в целом считается автоматическим.

Технологическое оборудование – это средство технологического оснащения, в котором для выполнения определенной части технологического процесса размещают объекты воздействия, средства воздействия на них, а также технологическую оснастку. К нему относится, например, основная (главная) перегрузочная машина – портальный кран, контейнерный перегружатель и пр.

Технологическая оснастка – это средство технологического оснащения, дополняющее технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса. К ним относятся, например, грузозахватные приспособления, оттяжки, измерительные средства, средства крепления, инструменты. Технологическое оборудование совместно с технологической оснасткой принято называть *технологической системой*. Понятием «технологическая система» подчеркивается, что результат технологического процесса зависит не только от оборудования, но и в неменьшей степени от приспособления, инструмента.

1.3. Транспортные технологические системы как объект логистики

Исследования и конструирования технологических систем разного рода проводится в рамках системного подхода.

Под **технологическими системами** (ТС) в промышленности понимают совокупность взаимосвязанных групп оборудования и технологических процессов, совмещенных и осуществляемых в границах производства, которые структурно и функционально взаимосвязанные единой целью – изготовление определенной продукции. Этим самым определяется единство используемых ресурсов – сырья, труда, фондов в изготовлении продукции по данной технологии. Введение понятия технологической системы, изучение ее структурных и функциональных особенностей разрешает определить влияние уровня использования ресурсов на результативные показатели производства продукции.

Технологические системы являются довольно сложными. Они, как правило, состоят из многих подсистем и элементов.

Иерархичность производства обуславливается и иерархичностью технологических систем. При этом иерархичность технологических систем может иметь и свои специфические признаки, которые характерны только ей, как отдельной подсистеме производства. На каждом уровне общественного производства технологические системы имеют свои особенности. По иерархии технологические системы разделяют на микро- и макросистемы (*системы технологий*) и анализируют их на микро- и макроуровне.

На макроуровне технологические системы могут рассматриваться на уровне отраслей, территориаль-

но-промышленных комплексов, межотраслевых комплексов, всего народного хозяйства.

На микроуровне технологические системы рассматриваются на уровне предприятий или объединений.

Структурными элементами технологической системы на микроуровне есть операции, подпроцессы, оборудование. Их взаимосвязь в процессе производства образовывает структуру системы. Любая технологическая система имеет связи с внешним окружением, т. е. с другими подсистемами производства (хранением, транспортировкой и т. п.) и системами управления. Взаимодействие между ними осуществляется через входные и исходные каналы связи.

При ведении портовых погрузочно-разгрузочных работ системный подход *на микроуровне* проявляется в процессе организации и функционирования технологических линий.

Технологическая линия (ТЛ) представляет собой совокупность взаимодействующих в определенном порядке машин, технологической оснастки и рабочих, осуществляющих перемещение груза по тому или иному варианту и имеющих не менее одного общего технологического звена.

Например, при перегрузке тарно-штучного груза по варианту судно–вагон в состав одной технологической линии входят: кран с крановщиком; рабочие в трюме, осуществляющие подготовку «подъемов» и их застропку; сигнальщик на верхней палубе; рабочие на рампе, отстрапливающие поданный краном груз; два погрузчика с водителями, которые производят параллельную погрузку двух вагонов грузовыми местами, подаваемыми краном. Общими звеньями линии являются кран с крановщиком и сигнальщик. Погрузчики работают параллельно. Трюмное звено рабочих, как правило, разделено на параллельно работающие группы. Отстропщики на причале действуют вместе, если работы ведутся на стационарной рампе, и раздельно у каждого вагона, если используются переносные столы-рампы.

Технология перегрузки конкретного груза по принятому варианту определяет состав технологической линии, характер и последовательность действий всех ее звеньев. Технология регламентирует работу каждой технологической линии в отдельности, не затрагивая вопроса об организации обработки транспортных средств несколькими линиями. Оптимальная организация совместной работы нескольких технологических линий по погрузке либо выгрузке транспортных средств на одном и нескольких участках является предметом системного подхода при общей организации производства порта.

На *макроуровне* в транспортной отрасли формируются транспортно-технологические системы.

Транспортно-технологические системы (ТТС) – это комплекс согласованных и взаимосвязанных технических, экономических, организационных, информационных и коммерческих решений, позволяющих с максимальным эффектом и наименьшими затратами обеспечить доставку грузов в конкретных направлениях движения товара к потребителю, сформированный не по отраслевым (отдельные виды транспорта), а по товарным и территориальными признакам. Основные принципами формирования ТТС являются:

– комбинирование различных видов транспорта при перевозке грузов;

– укрупнение грузовых единиц для повышения интенсивности грузовых операций и уменьшения материальных и трудовых затрат;

– единая грузовая специализация взаимодействующих средств различных видов транспорта.

Этим обусловлено развитие таких ТТС, как пакетной, контейнерной, ролкерной, трейлерной, контрейлерной, паромной, лихтеровозной, барже-буксирной, кассетной и других. Каждая из перечисленных систем имеет свои особенности, характерные для перевозки соответствующим образом организованных грузов.

Выбор элементов или подсистем технологической системы может происходить по-разному. Так, при одном разделении элементами технологического процесса можно считать операцию, при другом – процессы производства деталей или узлов. При каждом делении технологической системы структуры их различны.

Строя технологические системы, необходимо правильно выбрать характер и порядок соединения отдельных ее элементов. Отдельные компоненты технологической системы должны находиться в определенном соответствии по техническому уровню, режимам функционирования, т. е. должен иметь место балансовый принцип в их функционировании и развитии. Основными принципами при построении технологических систем являются: экономичность, пропорциональность, непрерывность, ритмичность, надежность, сложность (простота) и др.

Облик современных транспортных макросистем сформировался под действием совокупности взаимосвязанных причин, приведших к резкому возрастанию их комплексности и сложности. Как одно из следствий, складывающиеся глобальные сети производства-распределения постепенно стали выходить за пределы возможностей традиционных методов проектирования и управления. Это, в свою очередь, привело к появ-

лению особой научной дисциплины – логистики, сегодня понимаемой как прикладное направление общей теории систем, в частности, наука о проектировании и управлении цепями поставок (рис. 1.1).

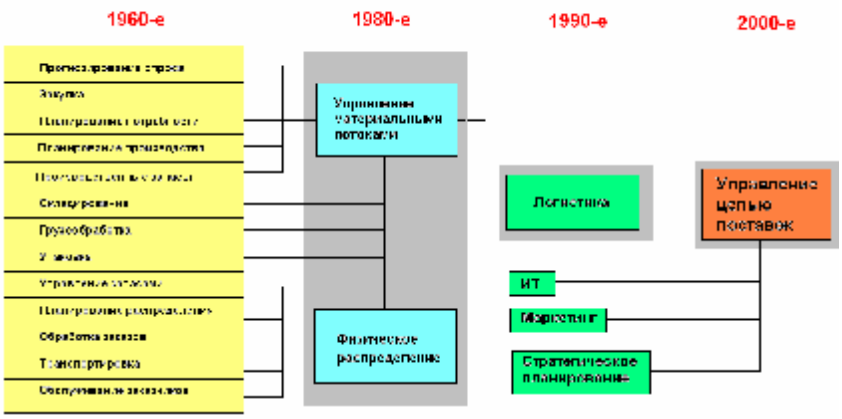


Рис. 1.1. Этапы развития логистики как научной дисциплины

Современная логистика, в рамках единого системного подхода изучающая всю совокупность процессов материального производства, потребления, финансирования, материальной обработки, перемещения, распределения, консолидации, информационного обмена и пр., обобщила и унифицировала в себе многие операционные понятия смежных дисциплин.

К числу базовых, во многом аксиоматических понятий, в логистике выступает объект и операции.

Логистический объект представляет собой любую категорию, изучаемую в избранном аспекте и на выбранном уровне; в рассматриваемом аспекте – государства, транспортные узлы, порты, терминалы, отдельные грузовые фронты и т. д.

Операции, выполняемые выделенным объектом, приводят к появлению **продукта**. В свою очередь, категория продукта включает в себя весь спектр возможных результатов операций объекта, от производства товаров в чистом виде до оказания услуг в чистом же виде. Как правило, любой реальный продукт является некоторой совокупностью свойств и товара, и услуг. В транспортных процессах операцией, как было показано, является та или иная обработка грузов. Продукт, произведенной операцией, является обработанным тем или иным способом груз, измеряемый его объемом, весом, единицами или стоимостью.

При выполнении операций, в результате которых производится продукт, объект потребляет (использует) некоторые **ресурсы**. В обобщенном виде объект О, который производит некоторый продукт $P(t)$ и потребляет для этого ресурс $R(t)$, показан на рисунке 1.2.

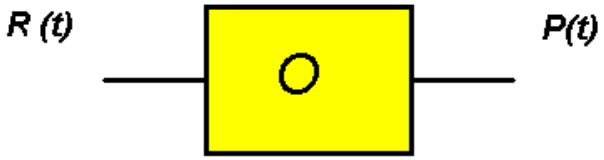


Рис. 1.2. Обобщённый логистический объект

Например, если исследуемым объектом выбран причал контейнерного терминала, то его продуктом может служить количество переваленных через него контейнеров. Ресурсом в данном примере могут служить работающие на причальном фронте краны.

Для изучения (в частности, проектирования и сравнения) операций, вводится понятие **интенсивности** операции I, определяемой как количество произведенного продукта за выбранный интервал времени (рис. 1.3).

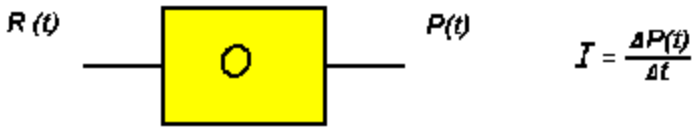


Рис. 1.3. Интенсивность операции

Интенсивность операции является функцией, меняющейся от времени. Ее значение в выбранный момент времени называется **текущей интенсивностью**.

Максимально возможная интенсивность операции I_{max} называется ее **мощностью**, или **пропускной**

способностью операции.

Интенсивность, усредненная за некоторый промежуток времени, называется **средней интенсивностью** за этот период.

Степень использования потенциальной возможности операции характеризует относительная величина – **эффективность операции**, определяемая как отношение наблюдаемой интенсивности операции к ее мощности (рис. 1.4). Соответственно можно говорить о **текущей** и **средней эффективности** за некоторый период.

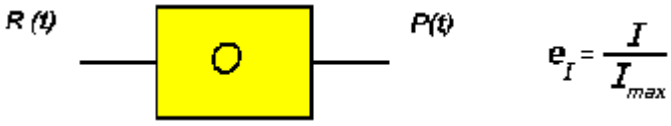


Рис. 1.4. Эффективность операции

В ряде задач нас интересует, насколько эффективно используется тот или иной ресурс для получения продукта. Для характеристики степени использования ресурса в получении продукта вводится понятие *производительности ресурса*, определяемое как отношение количества произведенного продукта на единицу ресурса (рис. 1.5).

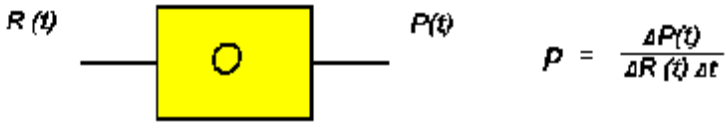


Рис. 1.5. Производительность ресурса

Аналогично вводится понятие *эффективности использования производительности ресурса*, определяемого как отношение наблюдаемой производительности к ее максимальному значению (рис. 1.6).

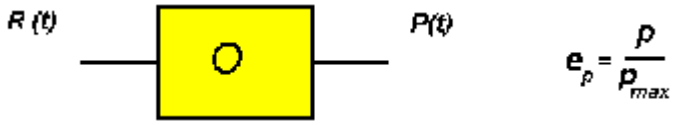


Рис. 1.6. Эффективность использования ресурса

Аналогично предыдущему, можно выделять *текущую* и *среднюю эффективности*.

В большинстве случаев изучаемый объект выполняет не одну операцию, как было рассмотрено выше, несколько, используя для этого определенный набор ресурсов (рис. 1.7).

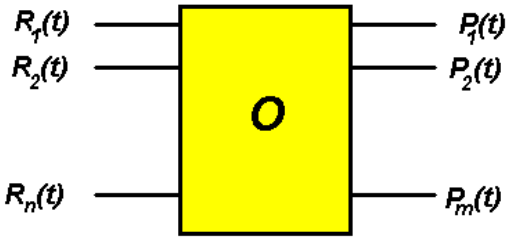


Рис. 1.7. Объект, выполняющий несколько операций

Расширение понятий интенсивности и эффективности отдельных операций на этот случай не вызывает сложности. В отношении ресурсов приходится говорить об их *частичной производительности*, характеризующей количество продукта, получаемого на единицу выбранного используемого ресурса (рис. 1.8).

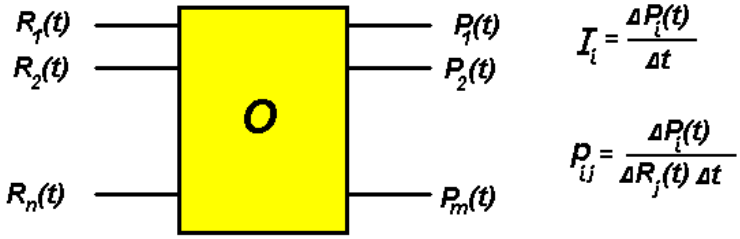


Рис. 1.8. Интенсивности операций и частичные производительности

Например, для морского грузового терминала примером частичной производительности будет являться производительность одного крана. Поскольку морской фронт и площадь терминала могут также рассматриваться как его ресурсы, можно говорить о частичной производительности погонного метра причальной стенки (напряженность грузовой работы через причал, измеряемая количеством контейнеров на погонный

метр длины причальной стенки) или о частичной производительности квадратного метра площади терминала. Данные характеристики сегодня широко используются для сравнительного анализа эксплуатационной деятельности различных портов и терминалов.

Аналогично предыдущему определяются эффективности множественных операций и использования частных ресурсов (рис. 1.9).

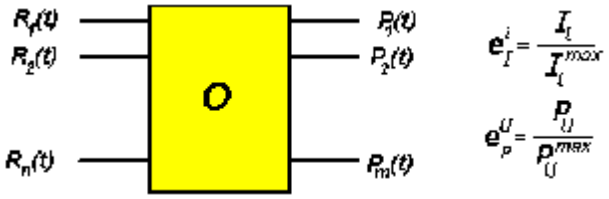


Рис. 1.9. Эффективности операций и использования ресурсов

Если изучаемые объекты объединены между собой потоком продуктов, т. е. образуют некоторую связанную цепь, то мощность всей цепи не может превышать мощности каждого ее звена (рис. 1.10).

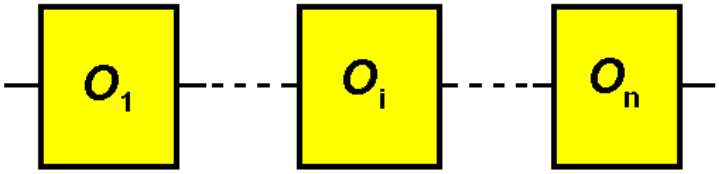


Рис. 1.10. Цепь объектов, связанных потоком продукта

Из этого следует, что мощность цепи определяется звеном с самой низкой производительностью. Именно это звено используется с максимальной эффективностью (100 %), в то время как остальные звенья используются с меньшей эффективностью, что видно из рисунка 1.11.

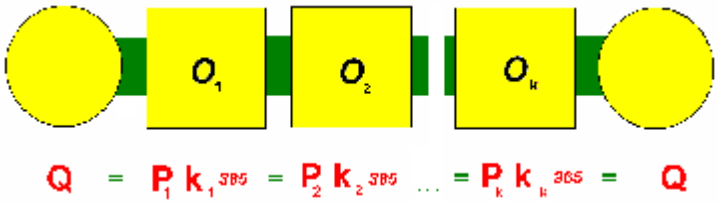


Рис. 1.11.Эффективность использования объектов с различной эффективностью

Чем выше мощность звена, тем ниже эффективность его использования. Действительно, поскольку все объекты имеют разную мощность, а уровень потока продуктов одинаков, то $P_i k_i = P_j k_j$, из чего следует, что коэффициент использования обратно пропорционален максимальной производительности, или $P_j / P_i = k_i / k_j$

В транспортной отрасли практически все операции, связанные с функционированием выделенных логистических объектов, связаны с той или иной обработкой груза: транспортировкой, хранением, преобразованием партий и пр., таким образом, количественно мерой произведенного продукта выступает объем груза, представленный в весовом, объемном, штучном или стоимостном выражении. В качестве интенсивности транспортных операций служит количество груза, обработанного в единицу времени.

Как говорилось выше, максимальное количество продукта, которое может производить операция, называется ее *мощностью*. Иными словами, мощность есть максимальная интенсивность операции.

Поддерживать выполнение операции на полной мощности сложно, поскольку это связано с предельным использованием ресурсов, необходимых для ее выполнения. Реальнее выполнять операцию на более низком уровне, при котором поддерживать его можно «достаточно долго».

Чтобы определить некоторые категории такого «реального» режима выполнения операций, вводят несколько категорий понятия мощности.

Проектная мощность (designed capacity) – характеризует выполнение операции в идеальных условиях, без поломок, сбоев, проблем, мешающих факторов и пр.

Эффективная мощность (effective capacity) – пропускная способность, или мощность операции, которую можно поддерживать в нормальных условиях, учитывая временные сбои, отклонения в показателях, поломки, периоды технического обслуживания и пр.

Фактическая пропускная способность (actual capacity) – это чаще всего достигаемая в реальных условиях мощность, как правило, более низкая, чем эффективная.

Для иллюстрации различия величин, характеризующих мощности и пропускные способности, рассмотрим пример морского грузового фронта. Пусть мы имеем причальный фронт с тремя технологическими линиями ($N_{тл}$ = 3), каждая из которых имеет техническую (максимальную) производительность $p_{тл}$ = 500 т/ч. Максимальная производительность причала (максимальная интенсивность грузовых операций) в этом случае будет составлять величину $p_{пр.макс}=N_{тл}p_{тл}$ = 1500 т/ч. Эта величина будет являться суточной мощностью причального фронта. Она является абсолютной, не зависящей от каких-либо внешних условий и характеризующей причальный фронт с установленным на нем конкретным оборудованием.

Максимальная суточная производительность (мощность) причала составляет величину $P_{сут.макс} = 24p_{пр.макс}$ = 24 × 1500 = 36 000 т/сут. Например, судно грузоподъемностью 72 000 т может быть погружено за 2 сут.

Суда, которые обрабатываются на причале, требуют проведения некоторых вспомогательных действий: постановки к причалу, швартовки, проведения комиссий, штивки груза, открытия люков, перемещения оборудования от люка к люку и пр. Эти операции требуют некоторого времени $T_{всп}$. Пусть, например, эта величина составляет 12 ч. В результате одно судно грузоподъемностью 72 000 т для своей погрузки потребует уже не 2, а 2,5 суток. В этом случае часовая интенсивность грузовых операций за время грузовых операций составит величину $p_{пр}$ = 72 000/60 = 1200 т/ч.

Эффективная суточная интенсивность причальных операций будет зависеть от времени работы причала в сутки, определяемым числом смен и расписанием перерывов. Пусть, например, эффективное время работы причала в сутки составляет величину $T_{эфф}$ = 20 ч, тогда $P_{сут} = T_{эфф}p_{пр}$ =20 × 1200 = 24 000 т/сут. Эта величина и будет являться эффективной суточной мощностью. Она характеризует уже не просто работу механизмов на погрузку или разгрузку, а учитывает требуемые перерывы в работе грузового оборудования для выполнения вспомогательных операций, а так же долю рабочего времени в сутках.

Принципиально годовая производительность причала могла бы быть $P_{год.макс} = P_{сут}$ × 365. Для нашего примера это будет составлять значение 24 000 × 365 = 8 760 000 т/год. В этом случае, однако, даже использование не максимальной, а эффективной суточной мощности не позволит получить эффективную годовую мощность, поскольку не все дни могут быть использованы для обслуживания судов.

Во-первых, период навигации может составлять $T_{нав}$ < 365 сут. Во-вторых, часть дней может быть потеряна из-за метеоусловий, что характеризует значение $k_{мет}$ < 1. В третьих, использование всех суток для обработки судов возможно лишь в двух случаях: (а) введения и соблюдения жесткого расписания прибытия и обработки судов, или (б) образования очереди в ожидании освобождения причала. Как правило, ни тот ни другой вариант не приемлем, и причал используется не все время, что характеризует значение $k_{исп}$ < 1. Следовательно, годовая эффективная мощность причала характеризуется величиной $P_{сут}T_{нав}k_{мет}k_{исп}$.

Строго говоря, метеоусловия приводят не к сокращению используемых рабочих дней, а к увеличению времени обслуживания судна. Как известно из теории массового обслуживания, это в первую очередь сказывается на параметрах очереди. При соблюдении заданных требований к ним это косвенно приводит к необходимости снизить число поступающих на обслуживания заявок, т.е. судов, тем самым снижая объем грузооборота. Как следствие, механизм действия метеоусловий может быть более сложным, чем просто пропорциональное уменьшение числа рабочих дней.

Кроме того, грузопотоки в портах характеризуются неравномерностью. Это отражает коэффициент месячной неравномерности $k_{мес}$ > 1, равный отношению объема в месяц наибольшего грузопотока к среднемесячному объему за год. Рекомендуемой расчетной практикой является деление на этот коэффициент, т. е. принятые во внимание характеристики очереди причала относятся к обработке в месяц максимального грузопотока. Отсюда окончательно имеем выражение для эффективной годовой мощности как $P_{год} = P_{сут}T_{нав}k_{мет}k_{исп}/k_{мес}$. При рекомендуемых значениях коэффициентов для нашего примера имеем $P_{год} = P_{сут}T_{нав}k_{мет}k_{исп}/k_{мес}$= 24 000 × 365 × 0,9 × 0,7/1,2 = 4 600 000 т/год.

Указанные обстоятельства делают обоснованным проведение более точного анализа различных факторов и комбинации их воздействия на грузопоток.

Если рассматривать морскую транспортировку как логистическую цепь, то она может быть представлена системой элементов, объединенных проходящим через них грузопотоком. Грузопоток обычно передается между морским и наземным транспортом. В общем виде береговая часть системы, связывающая между собой производителя и потребителя, показана на рисунке 1.12.

Рис. 1.12. Морской терминал как логистическая цепь

Основными элементами портового сегмента логистической цепи, связанными единым грузопотоком (как импортного, так и экспортного направлений), являются морской транспорт (флот), морской грузовой фронт (МГФ), склад хранения груза (СКЛ), тыловой грузовой фронт (ТГФ) и наземный транспорт. Для передачи грузов между основными элементами порта служит система внутрипортовой транспортировки (ВПТ).

В современном мире формирование единого транспортного пространства и общего рынка транспортных услуг идет по пути создания мультимодальных коридоров, применения основанной на принципах интермодализма, унифицированной технологии перевозок, как базиса интеграции национальных транспортных систем в мировую транспортную систему.

1.4. Эволюция портов и грузовых терминалов как технологических систем

Человечество с самого начала своего развития столкнулось с необходимостью транспортировки трех категорий – людей, грузов и информации (энергии). *Идеальным* являлся бы транспорт, который был бы:

– бесплатным;

– мгновенным;

– всегда доступным;

– перевозящим любые партии груза.

Безусловно, идеальный транспорт создать невозможно, и в реальном случае всегда видна лишь попытка *приблизить* к приемлемым те или иные свойства из указанных выше.

Поскольку суша составляет меньшую часть поверхности планеты, а ресурсы и потребители товара распределены по всем континентам Земли, основная нагрузка на транспортировку ложится на морские перевозки. От того, какие суда используются для этой перевозки, и как организуется их движение, во многом зависит не только стоимость перевозки, но и сама необходимость в ней. Человечество на протяжении всей своей истории пыталось создать все лучшие и лучшие суда, которые позволяли бы как можно дешевле, безопаснее и быстрее осуществлять транспортировку.

Несмотря на определенные временные успехи, задача создания совершенного морского транспорта для перевозки всех видов грузов так и осталась неразрешимой. Сегодня невозможность этого кажется очевидной: действительно, во время прохождения по цепи преобразований стоимость товаров возрастает, а объемы снижаются, как это условно показывает рис. 1.13.

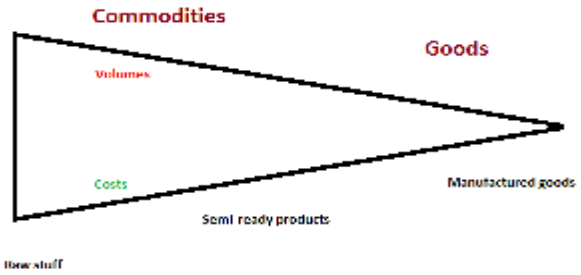


Рис. 1.13. Изменение массы и стоимости товара

Как следствие, в зависимости от стадии преобразований резко меняются соотношения физических свойств и коммерческой ценности перевозимых грузов, – которые, в конечном счете, формируют требования к транспортировке вообще и конструкции судов в частности. Иными словами, транспортировка в сильной степени зависит от этапа цепи преобразования (или, как говорят экономисты, – *цепи добавления стоимости*), и найти универсальное транспортное средство было невозможно принципиально. Этим эволюционно определилась **специализация** судового состава, грузовых терминалов и формируемых транспортно-технологических систем. В том числе:

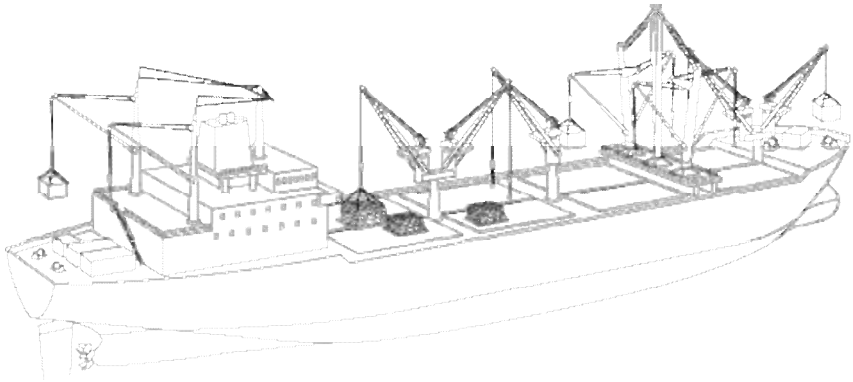


Рис. 1.14. Универсальное (конвенциональное) судно для перевозки генеральных грузов

Универсальные суда – судно этого типа иногда называют «сухогрузом». Суда предназначены для перевозки широких номенклатур грузов в форме различных отдельных, в т. ч. укрупненных, грузовых мест, в противоположность унифицированным контейнерам или навалочным грузам. Универсальные суда обычно имеют развитое грузовое оборудование – палубные краны и грузовые стрелы различной грузоподъемности, в том числе тяжеловесные, используемое для перемещения грузов между трюмом и причалом при отсутствии береговых средств, а также для внепортовой перегрузки.

Общая длина судов этого типа находится в пределах 76–180 м. Самое массовое судно Второй мировой войны – типа Liberty – имело длину 134,4 м и ширину 17 м.

Для грузовых операций используется оборудование циклического дейсвия, с помощью которого отдельные грузовые места (ящики, кипы, бочки, пакетны на поддонах, оборудование, машины и пр.) перемещаются с причала или ошвартованной к борту баржи в трюм судна, где грузчики укладывают и раскрепляют каждый предмет в отдельности. Погрузка и выгрузка являются трудоемкими и длительными процедурами.

Универсальные суда используются все реже и реже, хотя в отдельных регионах они остаются в эксплуатации. Некоторые из них были переделаны для перевозки контейнеров или навалочных грузов – зерна, угля, фосфатов, удобрений, кормов. В большей части они продаются на металлолом.

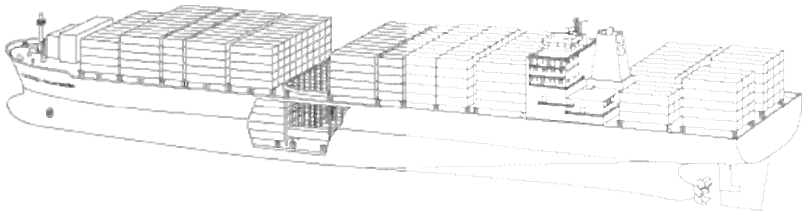


Рис. 1.15. Специализированное судно для перевозки контейнеров

Суда-контейнеровозы проектируются для перевозки стандартных морских контейнеров – ящиков длиной от 20 футов (6 м) или 40 футов (12 м), шириной 8 футов, высотой 8,5 или 9,5 футов.

Контейнеры помещаются в специальные колодцы, или ячейки, глубиной от трех до шести ярусов под палубой. На палубе контейнеры перевозятся в штабелях высотой так же от трех до шести и более ярусов, для устойчивости скрепляясь углами воедино с помощью специальных замков.

Размеры контейнерных судов могут быть самыми разными. Если обычные суда характеризуются размерами и грузоподъемностью, то контейнеровозы описываются вместимостью, измеряемой в двадцатифутовых контейнерных эквивалентах – TEU, twenty-foot equivalent units. Иными словами, эта вместимость показывает, сколько стандартных 20-футовых контейнеров может перевозить судно. Самые малые суда могут иметь вместимость всего лишь 20 TEUs, крупные суда первозят от 1000 TEUs и более. Сегодня одно из крупнейших контейнерных судов мира Emma Maersk имеет следующие размерения: длина 397 м, ширина – 56 м, осадка – 15,5 м. Валовая вместимость – 171 тыс. рег. т (брутто). Вместимость этого судна, оцениваемая по стандартной схеме, составляет 13,5–14,5 тысяч TEU, при том, что 11 000 TEUs перевозятся полностью загруженными.

Контейнерные суда перевозят любой груз, который может быть загружен в контейнер стандартных размеров. По конструкции этот контейнер может быть универсальным для сухих грузов, открытым сверху или с нескольких сторон, со складными стенками (флетом), типа платформы (тилтом), термоизолированным, вентилируемым, для насыпных грузов, танк-контейнером, рефрижераторным контейнером и пр. Подходящим

для перевозки в контейнерах грузом является практически любой тарно-штучный груз, а при использовании специализированных контейнеров и специальных вкладышей – отдельные категории наливных и насыпных грузов. Негабаритный груз может быть уложен в открытый контейнер или помещен на контейнер-платформу, или же размещен поверх нескольких контейнеров в верхнем ряду штабеля на палубе. Контейнеры перемещаются на судно и с судна с помощью стационарных причальных кранов.

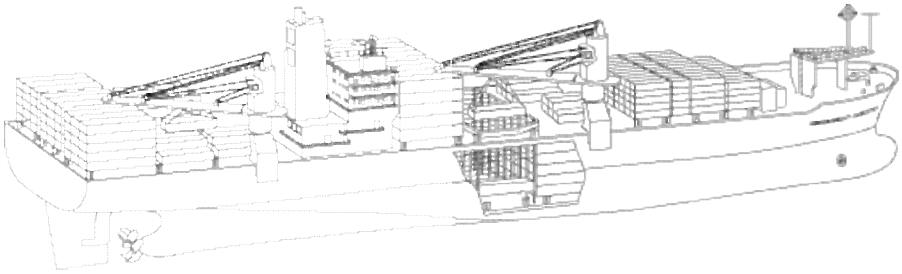


Рис. 1.16. Контейнеровоз с судовыми кранами

Контейнеровозы с судовыми кранами – этот класс контейнеровозов также используется только для перевозки стандартных морских контейнеров. Контейнеры укладываются в три-пять рядов под палубой и в три-пять рядов над палубой. Для погрузки и разгрузки эти суда оборудуются палубными кранами.

Размеры этих судов могут быть различными, в зависимости от обслуживаемого направления торговли. В необорудованных портах грузовые операции выполняются судовыми кранами, в портах со стационарными причальными кранами обычно используются последние, поскольку являются более производительными.

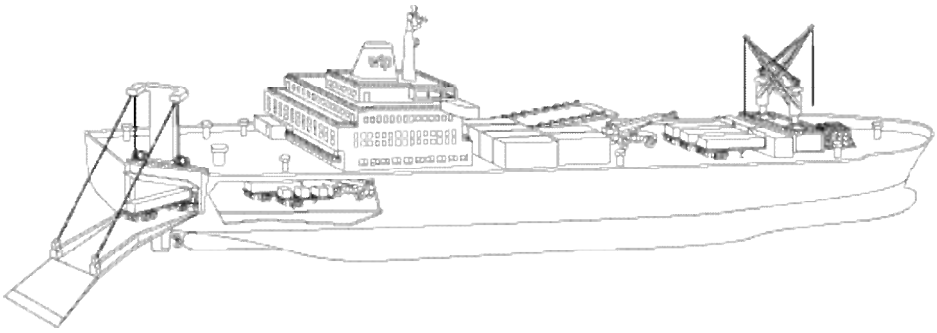


Рис. 1.17. Суда накатной погрузки, или Ro-Ro (ROLL-ON ROLL-OFF) суда

Суда типа Ro-Ro (Roll-on Roll-off) предназначены для перевозки автомобильного подвижного состава, самоходных установок на его базе и иных колесных средств, в том числе, груженых средств укрупнения грузовых мест. Эти суда обычно имеют откидную аппарель, обычно расположенную ближе к корме судна, или лацпорты, по которым въезжают и выезжают легковые и грузовые автомобили, тягачи с полуприцепами, сельскохозяйственные и иные машины.

Суда Ro-Ro отличаются от паромов, которые предназначены для перевозки транспортных средств и их водителей на средних и коротких морских маршрутах, поскольку перевозят транспортные средства без сопровождения водителей, и обычно на более длинные расстояния. Отдельным классом судов типа Ro-Ro являются автомобилевозы, с помощью которых крупные автопроизводители перевозят свою продукцию для продажи в других странах.

Суда Ro-Ro могут иметь до семи внутренних палуб, соединенных между собой специальными рампами и лифтами. На верхней палубе этих судов могут устанавливаться краны, а также предусматриваются средства для крепления стандартных морских контейнеров.

Обычно суда этого типа имеют большие размеры. Крупнейшее судно типа Ro-Ro Tønsberg отличается следующими характеристиками. Длина судна составляет 265 м, грузовое пространство – 138 тыс. куб. м на шести фиксированных и трех подъемных палубах. Кормовая рампа шириной 12 м рассчитана на рабочую нагрузку 505 т. Высота верхней палубы составляет 7,1 м.

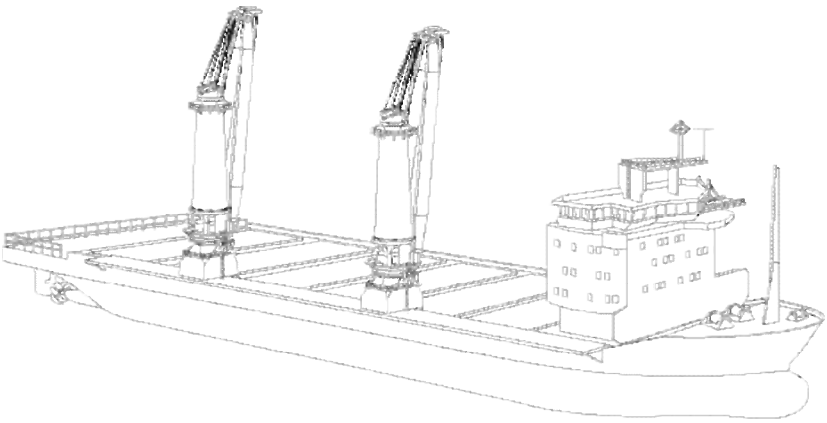


Рис. 1.18. Судно для перевозки тяжеловесных грузов

Эти суда предназначены для перевозки негабаритных и тяжеловесных грузов, которые не могут перевозится иными судами. Некоторые из них имеют возможность притапливаться для принятия на борт, поднятия, транспортировки и выгрузки крупных плавающих объектов, включая поврежденные суда. Существуют и тяжеловесные суда типа Ro-Ro.

Суда данного типа обычно имеют очень большую просторную палубу, часто необычного вида и конструкции, специального вида надстройки, не мешающие принятию негабаритного груза, и палубные краны значительной грузоподъемности.

Размеры этих судов определяются типом перевозимого груза. Крупное судно для перевозки тяжеловесных грузов может иметь длину 178 м и ширину 42 м.

Перевозимыми грузами являются трансформаторы, локомотивы, пролеты мостов, буровые платформы, портовые краны, промышленные установки и другие конструкции.

Погрузка может производиться причальными или судовыми кранами вертикальным способом Lo-Lo (Load-on/Load-off), или методом накатной погрузки, т. е. Ro-Ro.

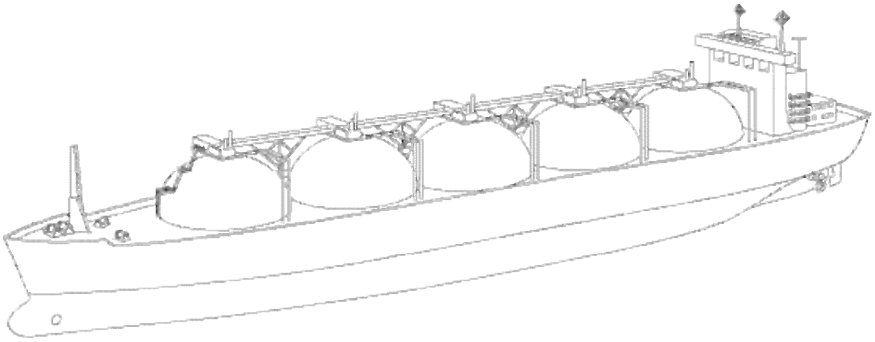


Рис. 1.19. Танкер для перевозки сжиженного природного газа (LNG)

Танкеры для перевозки сжиженного природного газа (Liquified Natural Gas) предназначены для перевозки природного газа в сжиженном состоянии под большим давлением и при низкой температуре (–162ºС). В этом состоянии газ занимает лишь 1/600 часть своего нормального объема.

LNG-танкеры легко узнаются по сферическим танкам, наполовину выступающим над палубой судна. Обычный танкер LNG-типа имеет вместимость порядка 135 000 куб. м.

Эти суда загружаются и разгружаются с помощью системы трубопроводов на специализированных терминалах. Сжиженный газ далее возвращается в газообразное состояние, и подается в магистральные трубопроводы для доставки потребителям.

Хотя сжиженный природный газ является опасным грузом, статистика его перевозок свидетельствует об их высокой безопасности, в основном из-за комплектации экипажей лучшими специалистами.

Вследствие высоких рисков, многие страны требуют выполнения особых мер безопасности. В США, например, Береговая охрана координирует выполнение всех требований при заходе судов в порты страны, включая вертолетное патрулирование, готовность полицейских-водолазов, морское патрулирование, экологический мониторинг, сопровождение пожарными буксирами, полицейскими катерами и патрульными судами Береговой охраны. При прохождении этих судов выполняется разводка мостов. Зона безопасности устанавливается на 400 м по каждому борту, две мили вперед по ходу и одну милю по корме судна.

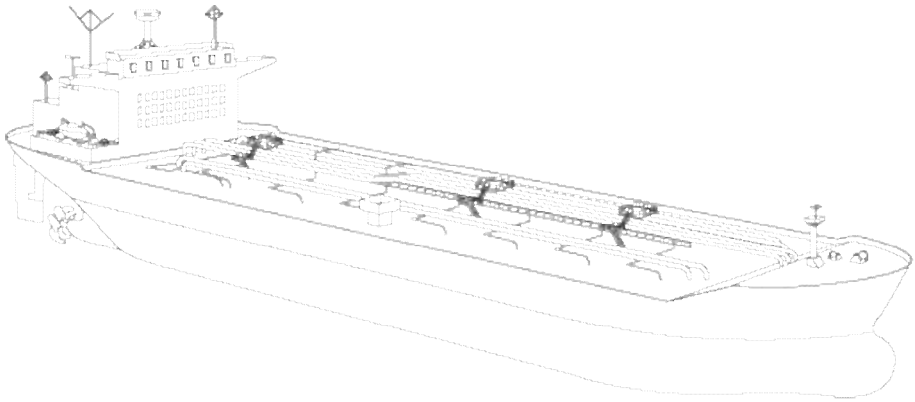


Рис. 1.20. Танкер для перевозки сырой нефти

К этому типу относятся наливные суда, специально спроектированные для перевозки сырой нефти. Танкеры этого типа имеют различные размеры, но самые большие «супертанкеры» действительно являются гигантскими судами. Палуба этих судов покрыта сетью трубопроводов, используемых для перекачки нефти с судна на берег или между группами грузовых танков судна. Все современные танкеры имеют двойной корпус для предотвращения разлива нефти в случае аварии или столкновения.

По грузоподъемности все танкеры для перевозки делятся на следующие группы:

Handysize Crude Carrier: 10 000–34 999 dwt;

Handymax Crude Carrier: 35 000–49 999 dwt;

Panamax Crude Carrier: 55 000–79 999 dwt;

Aframax Crude Carrier: 80 000–119 000 dwt;

Suezmax Crude Carrier: 120 000–199 999 dwt;

Very Large Crude Carrier (VLCC): 200 000–319 999 dwt;

Ultra Large Crude Carrier (ULCC): 320 000+ dwt.

Крупнейшим танкером, а равно и судном в мире, является норвежский супертанкер Knock Nevis. История этого судна началась в Японии в 1976 г (некоторые источники указывают 1975 г) на верфях компании Sumitomo Heavy Industries. Тогда этот гигант родился под скромным серийным номером «1016» и был передан греческому судовладельцу, который и дал танкеру первое имя Seawise Giant. В 1981 г Knock Nevis был переоборудован. Вваренные дополнительные секции увеличили его дедвейт с 480 тыс. т до 565 тыс. т. Его длина – 458 м, ширина – 68,8 м, осадка в грузу – 24,61 м. В ближайшие годы его размеры так и останутся непревзойдёнными.

Погрузка нефти на судно осуществляется с помощью береговых насосных станций (реже – самотеком), разгрузка – с помощью судового насосного оборудования.

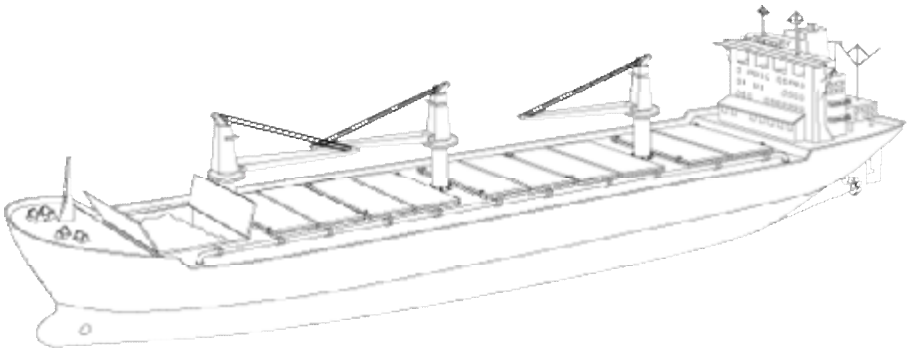


Рис. 1.21. Судно для перевозки сухих навалочных грузов

Суда этого типа («балкеры») предназначены для перевозки сухого навалочного груза. Конструкция судов обычно предусматривает плоскую палубу с большим количеством водонепроницаемых люковых крышек над трюмами, куда осуществляется загрузка груза. Некоторые балкерные суда имеют судовые краны.

Размеры судов могут значительно различаться в зависимости от вида груза и региона плавания. Грузоподъемность судов этого типа меняется от 10 000 до 364 000 dwt. Berge Stahl – это самый большой балкер-рудовоз в мире. Дедвейт 364 767 т, длина 343 м, ширина 65 м, осадка 23 м. Гигантское судно может об-

рабатываться, в полном грузу, всего лишь в двух портах в мире, на терминале Terminal Marítimo de Ponta da Madeira в Бразилии, и в Европорту вблизи Роттердама, Голландия. Да и в эти порты его заводят или выводят лишь с наступлением прилива.

Суда этого типа перевозят уголь, фосфаты, железную руду, прочие виды руды, зерно, удобрения, корма для животных, металлолом и прочий сухой насыпной и навалочный груз.

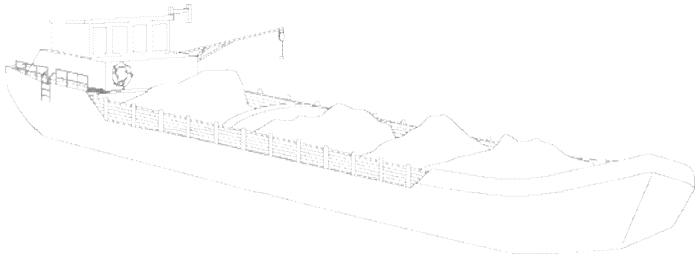


Рис. 1.22. Самоходная баржа

Речные баржи проектируются для перевозки грузов по конкретным каналам или водным путям (Миссисипи, Рейн, Нева, Волга-Дон и пр.). По этой причине их размеры определяются размерами шлюзов (если таковые имеются) и допустимой осадкой. Как следствие, спроектированные для одной водной системы баржи могут оказаться неспособными работать на другой.

Баржи обычно перевозят груз в трюмах или на палубе. Они обычно классифицируются по размерам, типу груза, водным системам (например, океанские, каботажные, озерные, речные и пр.).

Баржи могут быть самоходными, как показано на рисунке, или несамоходными.

Речные баржи обычно являются плоскодонными, прямоугольными в разрезе. На Великих озерах баржи имеют размеры крупных судов и собственные двигатели. Европейские баржи обычно строятся длинными и узкими, в соответствии с габаритами внутренних водных путей. Они имеют часто специальные низко погруженные в воду движители.

Размеры определяются используемыми водными путями, и в большинстве случаев в Европе ширина их составляет не больше 4,27 м.

Баржи перевозят практически любой груз: нефть, нефтепродукты, асфальт, масла, мазут, химические продукты, бобовые, зерно, сахар, патоку, генеральный и сухой навалочный груз – контейнеры, пиломатериалы, металл, уголь, строительное оборудование, вагоны, автомобили и пр.

Способ погрузки определяется видом груза. Для погрузки могут использоваться причальные или плавучие краны, конвейеры (для зерна), насосные станции (для жидкого груза), перекидные аппарели (для машин и скота).

Внешние условия работы той или иной транспортной системы включают в себя широкий спектр различных факторов, от особенностей транспортного законодательства страны до практики и обычаев ведения бизнеса, от вменяемости контролирующих органов до полноты информационного обеспечения деловой активности. Не вдаваясь в сравнительный анализ всех этих важных обстоятельств в отдельных странах и регионах, здесь мы рассмотрим лишь особенности организации международного судоходства, и то в самом общем плане.

Общий торговый контракт, описывающий сделку купли-продажи, заключается обычно между покупателем товара и продавцом. Поскольку обычно они находятся в разных географических местах, то и цена товара в контракте устанавливается в конкретном месте: на складе продавца (производителя), в порту страны продавца – на причале или уже на борту судна, в порту страны покупателя – на причале или еще на борту судна, доставленного покупателю с выплатой всех налогов и сборов. Все эти стандартные условия и их варианты описываются Международными коммерческими терминами INCOTERMS.

Разница между стоимостью товара в порту страны покупателя и в порту страны продавца называется морской составляющей международного торгового контракта. Реализация морской перевозки требует участия многих сторон, как это показано на рисунке.

Рис. 1.23. Система взаимоотношений между участниками перевозки

Фундаментальным понятием, позволяющим провести классификацию организационной системы как здесь, так и во многих других транспортных областях, является **способность грузоотправителя сформировать грузовую базу, достаточную для полной загрузки транспортного средства** (здесь – судна) в течение того или иного интервала времени. Возможность обеспечения полной загрузки судна открывает для грузоотправителя целый ряд возможностей: найма судна на один рейс, найма судна на несколько рейсов подряд, найма рейса на определенные промежуток времени – с экипажем или без него, и пр.

Чем больше грузоотправитель уверен в своей способности загружать транспортное средство полностью, тем больше он склонен получить его под свой полный контроль. Как следствие, в зависимости от этого договор на морскую перевозку все меньше становится похож на покупку транспортных услуг, и все больше – на аренду судна. Бербоут-чартер, или аренда судна без экипажа, приближается к купле-продаже судна с отсрочкой платежа. Документами, описывающими перевозку судна полными грузовыми партиями, являются *чартеры* различного вида.

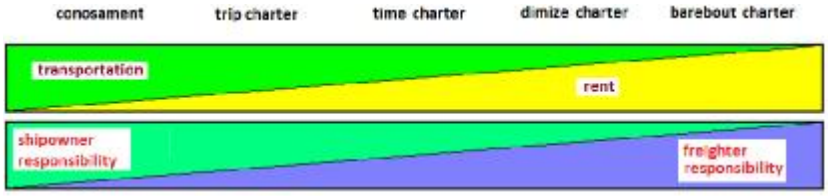


Рис. 1.24. Виды фрахтования, соотнесенные с величиной грузовой базы

Неспособность грузоотправителя обеспечить полную загрузку судна оставляет задачу формирования судовой партии судовладельцу. Он вынужден искать решение этой проблемы за счет привлечения многих клиентов, заинтересованных в перевозке неполных грузовых партий. Привлечение большого числа индивидуальных грузоотправителей исключает возможность переговоров о цене с каждым из них, заставляя использовать фиксированные заранее тарифа на перевозку единиц груза. Это же обстоятельство делает необходимым объявление расписания рейсов заранее. Эти особенности определяют организации **линейного судоходства**, в котором отдельные контракты на перевозку частичных грузовых партий носят название *линйеных коносаментов*.

В то же время ни чартерное, ни линейное судоходство не способно справиться с перевозкой грузов крупных международных сырьевых корпораций. Чартерное судоходство не способно поддерживать требуемую своевременность поставок, а линейное – не приспособлено для перевозок больших партий однородного груза. Как следствие, эти корпорации приобретают в собственность или в управление морские суда, формируя тем самым **торгово-промышленное** или **частное** судоходство (ТПС). Из соображений экономической безопасности, провозная способность частного флота формируется из пессимистических прогнозов в отношении внутреннего спроса компании на перевозки. Возможные всплески спроса крупные корпорации предпочитают компенсировать с помощью чартера необходимого тоннажа в той или иной форме. Мелкие всплески и нерегулярные запросы могут либо игнорироваться, либо покрываться линейными перевозками, действующими на соответствующих направлениях.

Для понимания причин, приведших к текущему состоянию развития портового сектора в мире, с учетом рассмотренного состояния торгового флота, достаточно рассмотреть прошедшее столетие.

Развитие промышленности и международной торговли к указанному периоду уже привело к появлению морских портов, которые чаще всего устраивались в устье крупных рек. Это в значительной мере объяснялось

простотой организации и экономичностью перевозок по воде – как по внутренним территориям, так и между континентами. Ручной труд, используемый при погрузке и разгрузке судов, и спектр берегового обслуживания моряков приводил к появлению вокруг портов крупных поселений, весьма специфичных по составу населения. Дальние отголоски этого можно еще наблюдать в ряде городов мира, посещая припортовые районы. Появившиеся в начале XX века средства механизации очень медленно и с большим трудом завоевывали свое место в портах, поскольку лишали средств к существованию весь упомянутый социум. Выживание его требовало жестокой борьбы с прогрессом, в связи с чем возникали криминализированные структуры, позднее превратившиеся в профсоюзы. Их политика крайне эффективно сдерживала развитие портовых технологий.

На море к тому же эффекту приводили другие причины: интенсивные военные действия в период двух Мировых войн блокировали развитие торгового судостроения. Так, вместимость наиболее популярных в мировой истории судов – типа Liberty и Victory, а так же танкеров типа T2 – выбиралась не из экономической эффективности перевозок, а из оперативной и экономической приемлемости потерь при потоплении отдельных судов противником…

Прекращение Мировых войн и восстановление мировой экономики, а так же некоторое ослабление позиций профсоюзов в результате действовавших патриотических компаний, наконец, запустили два основных механизма развития морской торговли: упомянутые рост размеров судов и их специализацию. В действительности, эти два механизма отражают один и тот же эффект – эффект масштабной экономии. Действительно, если строить судно вдвое большей вместимости, то его стоимость не увеличивается вдвое. То же касается и стоимости перевозки этими двумя судами. Эта зависимость показана на рис. 1.25.

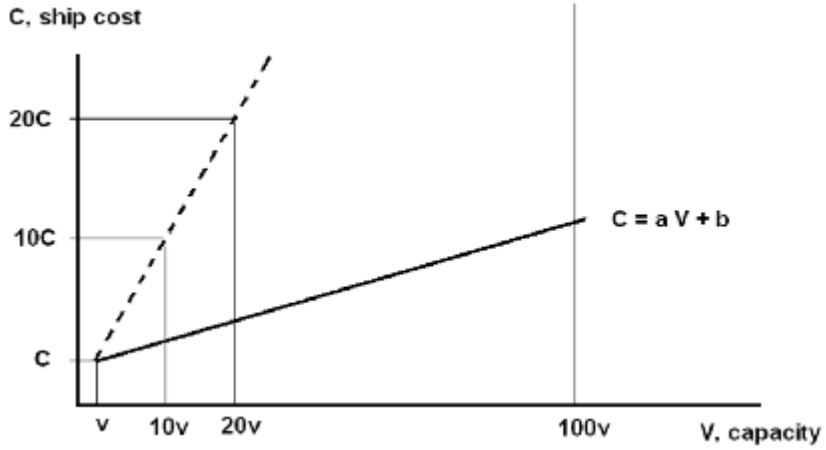


Рис. 1.25. Эффект масштабной экономии на морском транспорте в координатах «стоимость судна – вместимость судна»

Поскольку нас обычно интересует не общая стоимсть перевозки, а удельная стоимость перевозки единицы груза, то полную стоимость надо делить на вместимость судна. Полученная зависимость показана на рис. 1.26.

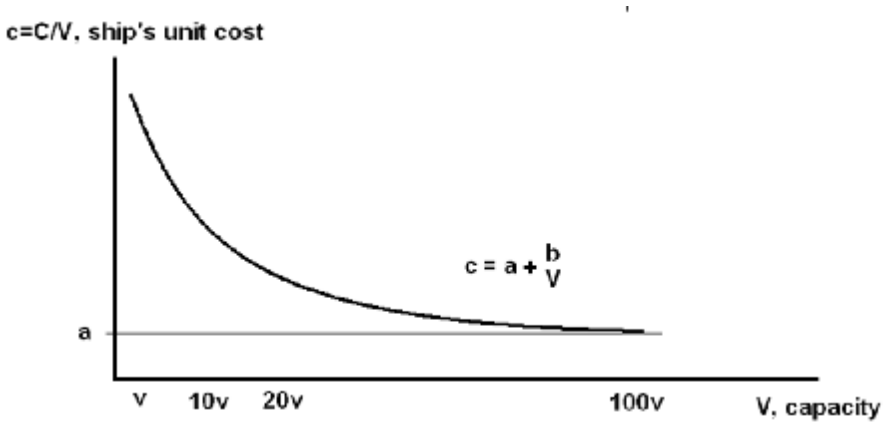


Рис. 1.26. Зависимость удельной стоимости перевозки от грузоподъемности (грузовместимости) судна

Какими бы простыми ни казались эти рассуждения, они удивительно точно отражают суть явления. Например, на рис. 1.27 показаны реальные стоимости слота при контейнерных перевозках на различных

направлениях морской торговли.

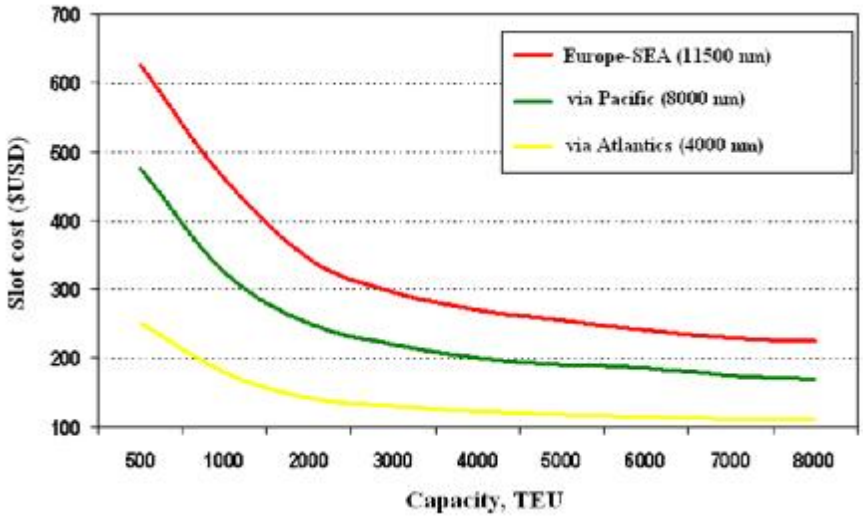


Рис. 1.27. Стоимости слотов при контейнерных перевозках на различных направлениях и судах различных вместимостей

Сказанное касается прямого действия закона масштабной экономии на размеры судов. Он же обуславливает упомянутую специализацию, – которая, наряду с упрощением технологии погрузо-разгрузочных работ, является коммерческим способом увеличить объемы перевозимых партий грузов. Уже к 1980-м г. в развитии портов начали проявляться некоторые общие закономерности, вызванные к жизни рассмотренными выше причинами. Первым указал на них английский ученый Джеймс Берд, предложивший модель развития традиционных портов.

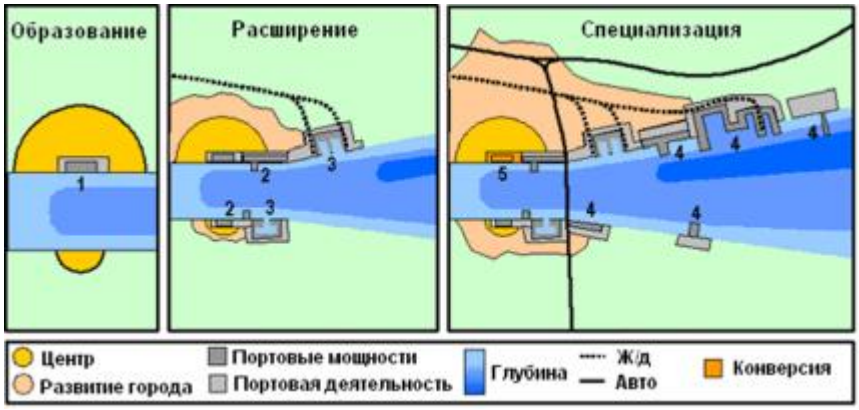


Рис. 1.28. Модель развития морских портов по Дж. Берду

Фундаментальная работа Конференции ООН по торговле и развитию в 1985 году пошла дальше, введя в обращение более общую модель развития портов, насчитывающую пять стадий.

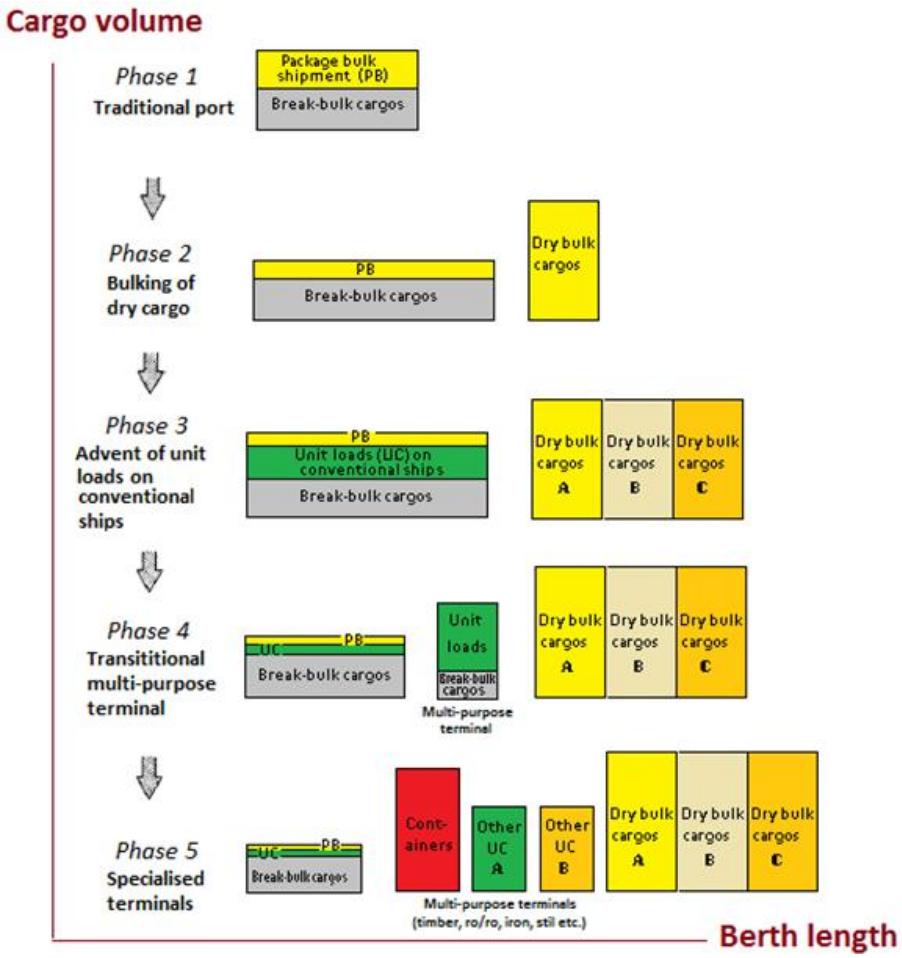


Рис. 1.29. Стадии развития морских портов в координатах «грузовые объемы – протяженность причалов»

Первая стадия, или конвенциональный морской порт, предполагает обработку всех видов груза отдельными местами, т. е. в виде генеральных грузов («брейк-балка»). Массовые грузы (собственно «балк») при этом также помещаются в ту или иную тару – бочки, ящики, мешки, крейты и пр.

На второй стадии в порту появляется отдельный район, специализированный под обработку определенного вида масового груза: угля, руды, нефти и пр. При этом продолжают расширяться мощности под перевалку растущего объема генерального груза.

Третья стадия развития порта предполагает рост объемов перевалки навалочных грузов, что делает оправданным появление в нем нескольких районов, специализирующихся на их отдельных видах. Эти грузы уходят из обработки в виде «брейк-балка», но вместо этого начинают появляться унифицированные единицы – пакеты на поддонах, контейнеры, иные пакеты с использованием различных средств укрупнения грузовых мест, перевозимые пока еще на традиционных грузовых (универсальных) судах.

Четвертая, переходная стадия развития портов, характеризуется ростом доли унифицицированных грузовых единиц в грузообороте порта (включая появление специализированных контейнерных судов), требущим смены технологий. Объемы перевалки навалочных грузов продолжают расти, при этом определенные виды группируются на универсальных перевалочных мощностях.

На пятой стадии объемы перевалки различных унифицицированных грузовых единиц (контейнеров, лесопакетов, ро-ро грузов, металла и пр.) оправдывают строительство для их обработки отдельных терминалов. Генеральные грузы постепенно начинают транспортироваться в виде этих единиц, а традиционные причалы генгруза постепенно выводятся из оборота или перестраиваются.

Важнейшим условием поступательного развития является то, что переходный порт четвертой стадии должен проектироваться и вооружаться технологическим оборудованием так, чтобы с минимальными издержками превращаться в порт пятой стадии, когда этого потребует развитие грузопотоков. Предполагать, когда именно это произойдет, – и что это произойдет безвозратно, не может никто.

Хотя это предупреждение было сделано еще в 1985 г., современная практика показывает, что подавляющее большинство портов стран, находящихся на различных уровнях развития, системно пренебрегают

указанным условием! Особенно ярко это продемонстрировал мировой кризис, который называть кризисом сложно ввиду его кажущейся бесконечности.

Указанное выше не касалось генеральных грузов. Более того, могло показаться, что эти грузы начали вообще исчезать из портов. На самом деле, в игру вступил новый техногенный фактор: контейнеризация. Ни одно технологическое достижение со времен паровой машины Уатта не оказало такого влияния на мировую экономику, как возможность превратить разнообразный по форме, размерам, весу и ценности груз в однородные ящики. Это придало генгрузу свойства «почти навалочного», превратив его в «необалк» и сделав применимыми к нему все рассмотренные выше законы. Перевозка генгруза стала возможной консолидированными крупными партиями, что сделало ее очень дешевой. Быстрая обработка контейнерного груза в портах привела к уменьшению стояночного времени, что сделало целесообразным повышение скорости судов. В совокупности, это резко повысило скорость доставки грузов.

Как известно, идеальный транспорт является бесплатным, мгновенным и всегда доступным. Контейнеризация позволила впечатляюще приблизить эти свойства, вызвав в мировой торговле эффект, называемый «схлопыванием транспортного пространства»: расстояние перестало играть значимую роль в системе производства-потребления. Иными словами, корни глобализации следует искать в металлическом ящике.

Обратной стороной контейнеризации и масшабных морских перевозок стала необходимость консолидации невиданных ранее объемов транспортных партий. Это потребовало изменения топологии маршрутов морской транспортировки и шаблона распределения портов на побережьях форленда-хинтерленда (рис. 1.30, 1.31).

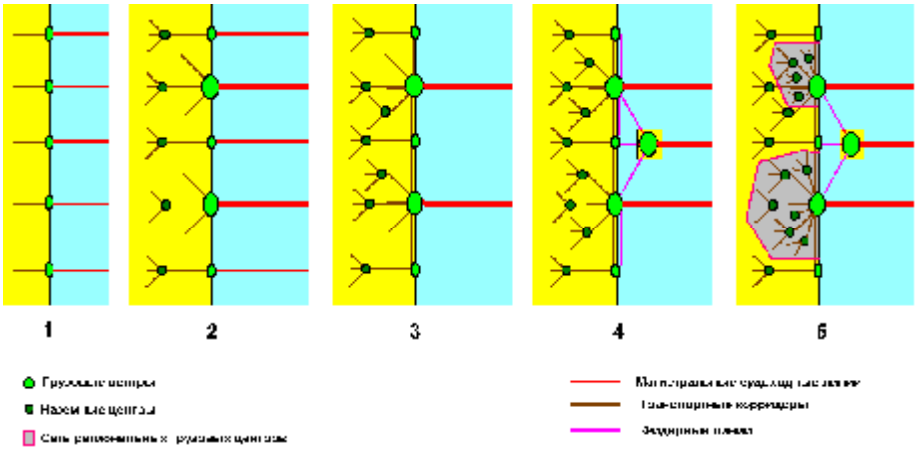


Рис.1.30. Эволюция транспортных маршрутов

Не менее значимые изменения начали происходить и на глубинных тыловых территориях, обострив конкурентную борьбу между портами за счет расширения зон грузового тяготения.

Рис. 1.31. Структура глубинных тыловых территорий

Хинтерлендом считается вся территория, которая обуславливает деятельность того или иного порта. Очень трудно или даже невозможно четко очертить границы хинтерленда, поскольку они сильно меняются в зависимости от вида груза (например, навалочные грузы или контейнеры), от времени (например, от сезонных колебаний, экономических циклов, кризисов, изменений технологии, смены транспортной политики и пр.), от

видов смежного транспорта.

Анализ работ, посвященных хинтерленду портов типа «gateway» («входные ворота») показывает, что контейнеризация существенно раздвигает его охват, тем самым существенно увеличивая конкуренцию между портами побережья. Расширение зоны хинтелнда и связанный с этим переход от монопольного использования территории к разделяемому или конкурентному, существенным поменяло взгляды на рынок портовых услуг, изменив его восприятие от монополистического к конкурентному. Как следствие, большинство сегодняшних портов в Европе работают как «входные ворота», открывающие вход в развитую наземную сеть распределения. Таким образом, порты типа «gateway» являются узловыми точками, в которых межконтинентальные транспортные потоки передаются между судоходными линиями и континентальными территориями.

Развитию входных портов этого типа, борющихся между собой за единый хинтерленд, способствовал ряд факторов.

Во-первых, контейнеризация и использование все более крупных судов сопровождались концентрацией судозаходов в ограниченном количестве «центров грузового тяготения» морских побережий, особенно на дальних (океанских) линиях, которые наиболее ярко показывали эффект масштабной экономии в морских перевозках. Система фиксированных цен обеспечила отсутствие негативного влияния на клиентов при снижении числа портов судозаходов. В частности, судоходные линии устанавливали уравнительные тарифы для портов, предназначенные для компенсации расходов грузоотправителей при увеличении расстояния транспортировки, связанном с работой через соответствующие центры грузового тяготения.

Во-вторых, развитие интермодальных коридоров (по железной дороге или с использованием внутренних водных путей) позволило обеспечить большее проникновение вглубь тыловых территорий порта. Полная либеризация европейского внутреннего водного транспорта (произошедшая в 2000 г.) и продвинутая фаза либеризации системы железнодорожных перевозок (начатой в 1999 г. и сегодня находящейся в стадии большей или меньшей завершенности, в зависимости от государств-участников) предоставили инструмент для повышения эффективности перевозок по наземным транспортным коридорам.

Рост интермодализма и консолидированных транспортных коридоров оказал мощное структурирующее воздействие на расширение хинтерленда портов. Однако интермодализм не только побуждал порты расширять границы влияния. Хинтерленд все более и более становился «разрывным» по природе, особенно вне пределов непосредственного грузового тяготения порта.

Этот процесс в ряде случаев приводил даже к образованию «островов» на «чужой» территории, для которых региональные центры грузового тяготения предоставляли сравнительно выгодные тарифы и высокие уровни обслуживания по сравнению с ближе расположенными морскими портами. Традиционные представления об использовании близко расположенных портов утрачивали свою значимость в контексте новой реальности. Как следствие, высоко эффективные и плотно загруженные наземные транспортные коридоры обычно предоставляют более привлекательное соотношение между стоимостью, временем и расстоянием транспортировки груза, чем традиционные «непрерывные» тыловые территории. Зона, обслуживаемая морским портом, сегодня чаще всего представляет совокупность перекрывающихся зон, транспортные услуги в которых осуществляют индивидуальные терминалы. Размеры каждой зоны обслуживания зависят от частоты судозаходов в порт, от уровня тарифов на челночные маршруты, предлагаемых железнодорожными и речными операторами, от ранга наземного терминала в сети распределения, от эффективности и стоимости перевозки автотранспортом на конечных (и начальных) участках.

Появление развитой иерархической структуры грузораспределения вызвала к жизни новые виды портов и распределительных центров, рассматриваемых теперь в фазовой плоскости масштабности-функциональности.

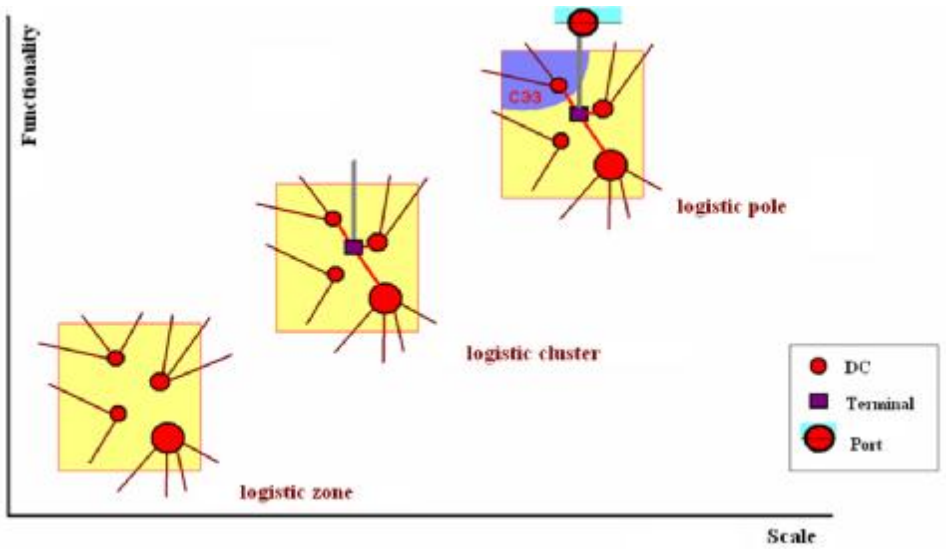


Рис. 1.32. Эволюция структуры грузораспределения

Все это привело к появлению новых коммерческих возможностей для клиентов порта. В то же время, для самих портов функционирование заметно усложнилось. Множество из них оказалось лишенными сложившихся ранее грузопотоков, ошибочно воспринимаемых как традиционные и поэтому постоянные, что поставило их на грань банкротства. Среди них можно назвать и вновь построенные порты, и порты с многовековой историей.

Искусство руководства портом стало требовать совершенно новых знаний, умений и навыков, иной философии стратегического и тактического мышления, иного видения миссии предприятия.

Не все порты оказались к готовы к самостоятельному творческому поиску в этом направлении, а общих, универсальных средств планирования развития пока не найдено.

1.5. Постановка задачи технологического проектирования морского порта

Технологическое проектирование морского порта – получение оптимального решения порта как единого комплекса, удовлетворяющего требованиям безопасного приема, быстрейшей загрузки-разгрузки и комплексного обслуживания современных и перспективных транспортных судов и отвечающего условиям прогрессивных способов перевозок на морском и смежных видах транспорта. При этом должны быть обеспечены: заданная пропускная способность порта или грузооборот на расчетный год, возможность развития порта за пределами расчетного периода на отдаленную перспективу, экологическая безопасность и экономическая целесообразность принятых решений.

Как было показано выше, мощность всей цепи, связанной единым грузопотоком, определяется мощностью самого низкопроизводительного звена. Ограничивают эту мощность некоторые внешние условия: геометрические размеры, форма, топология участков, имеющиеся площади и прочие имеющиеся ресурсы. Для определения максимальной производительности каждого из элементов следует определить значение грузопотока, ограничиваемое внешними условиями. **Первый этап** исследования должны составить аналитические методы оценки пропускной способности элементов.

Специфическим элементом портовой цепи является склад. Роль склада двояка: во-первых, он играет роль буфера, сглаживающего различные по своим характеристикам формы и частоты транспортные потоки. Грузовые партии морского транспорта обычно характеризуются большим объемом и относительно малой частотой поступления, наземного транспорта – малыми объемами партий и большей частотой поступления. Действительно, если годовой грузопоток Q реализуется N транспортными средствами вместимостью V, т. е. $Q = NV$, то из условия $Q = N_{мор}V_{мор} = N_{наз}V_{наз}$ имеем $365V_{мор}/T_{мор} = 365V_{наз}/T_{наз}$ и окончательно $V_{мор}/T_{мор} = V_{наз}/T_{наз}$.

Поступившая на склад большая партия морского транспорта относительно медленно вывозится наземным транспортом в импортном направлении. Медленно накапливаемая наземным транспортом экспортная партия быстро вывозится с терминала морским транспортом.

Во-вторых, склад может выполнять отдельную функцию хранения груза. Действительно, при одном и том же расписании прибытия транспортных средств на морском и тыловом фронтах, вывозимая с терминала

партия может быть завезенной на склад только что, а может храниться на нем уже в течение месяца.

В каждом конкретном случае соотношение этих двух функциональных компонент склада может быть различным, что требует проведения соответствующего анализа для принятия обоснованных решений.

Расчет пропускной способности как складов, так и грузовых фронтов аналитическими методами с введением нормативных поправочных коэффициентов безусловно необходим, однако в ряде случаев может оказаться слишком грубым. Аналитические зависимости применимы лишь к средним значениям, они не учитывают возможные статистические разбросы параметров и тем более вероятности сочетаний этих разбросов, позитивных или негативных.

Как следствие, **вторым этапом** должны явиться исследования системы методами теории вероятности и математической статистики (в основном теории массового обслуживания). Этот инструмент позволяет оценить вариативность исходных данных, влияние неучтенных факторов и внешних возмущений, в определенном диапазоне проанализировать чувствительность выходных параметров к соответствующим изменениям.

В то же время, данная группа методов имеет дело лишь с ограниченными законами распределений и предполагают выполнение достаточно жестких ограничений. Отход от них вызывает либо увеличение вычислительной трудоемкости, либо резкое снижение точности результатов.

Для получения возможности работы с произвольно распределенными случайными величинами и упрощения математического аппарата **третьем этапе** исследований применяются методы статистических испытаний (методы Монте-Карло). Их использование позволяет несколько расширить диапазон применимости методов теории вероятности и массового обслуживания за счет генерации произвольных законов распределения, в частности представленных гистограммами или таблицами.

Для того чтобы иметь возможность оценить возможности оперативного управления путём введения расписаний, используются методы генерации сценариев, составляющие **четвертый этап** исследований. Суть методов заключается в направленной генерации вариантов расписаний поступления транспортных средств и последующем анализе влияния особенностей этих вариантов на выходные расчетные характеристики. В качестве основных методов, составляющих инструментарий этого этапа, испольуются методики интегрального (с помощью эпюр судовых партий) и разностного анализа (с помощью эпюр грузопотоков).

Методы генерации сценариев, при всей своей универсальности, не позволяют учесть некоторые факторы, которые на поздних стадиях проектирования могут приобретать большое значение. Чтобы учесть все необходимые параметры, на последнем, **пятом этапе** используется методика имитационного моделирования.

Контрольные вопросы

1. Что такое «технология»?
2. Назовите особенности транспортного производства
3. Что такое «технология перевозок»?
4. Что такое «технология погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ»?
5. Что такое «производственный процесс»?
6. Что такое «транспортный процесс»?
7. Что такое «технологический процесс»?
8. Что такое «технологическая операция»?
9. Дайте классификацию технологическим процессам в транспортной отрасли.
10. Что такое «технологическое оборудование»?
11. Что такое «технологическая оснастка»?
12. Что такое «технологическая система»?
13. Что такое «технологическая линия»?
14. Что такое «транспортно-технологическая система»?
15. Что такое «эффективная мощность»?
16. Что такое «фактическая пропускная способность»?
17. Перечислите основные типы специализированных судов.
18. Перечислите пять стадий развития портов.
19. Что такое «хинтерленд»?
20. Что такое «технологическое проектирование морского порта»?

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОРТОВ И ГРУЗОВЫХ ТЕРМИНАЛОВ

2.1. Аналитические оценки объектов

Оценка среднего значения размера склада. Рассмотрим отдельную судовую партию объемом V, формируемую по «треугольному» закону (т. е. с равной интенсивностью) в течение периода времени $T_ф$. Направление перевозок не имеет значения, поэтому вначале выберем, например, экспортное (рис. 2.1).

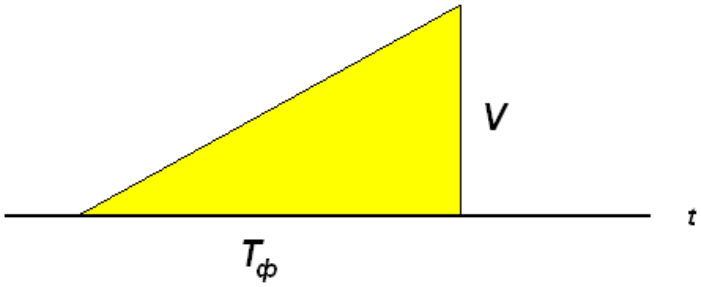


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.13. Треугольный характер формирования экспортной партии

Работа склада по обработке отдельной i-ой партии характеризуется числом грузосуток хранения, или $s_i = ½VT_{ф.}$ За рассматриваемый период времени T, например, за год, т. е. T = 365 – на склад поступает N таких судовых партий, и полная работа склада составляет величину $S = \sum ½VT_ф = =½NVT_ф$. Поскольку $Q = NV$ составляет величину годового грузопотока, имеем $S = ½QT_ф$. Средний размер склада за период времени T выражается величиной $E_{ср} = S/T$, откуда

$$E_{ср} = ½QT_ф/T. \qquad (2.1).$$

Работа склада по обработке отдельной i-ой партии может характеризоваться так же величиной среднего времени хранения груза $T_{ср}$, которое для данного случая треугольной формы партии есть $T_{ср} = ½T_{ф.}$ Соответствующее (равное) значение суммы грузосуток хранения для i-той партии будет выражаться как $s_i = ½VT_ф = VT$ (рис. 2.2).

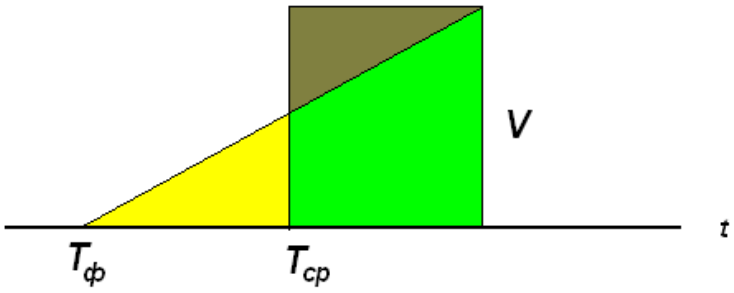


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.14. Оценка работы склада через средний срок хранения экспортной партии

Соответственно, средний размер склада составит величину

$$E_{ср} = QT_{ср}/T \qquad (2.2)$$

Если учесть, что годовой грузопоток Q реализуется поступлением партий величиной V, т. е. $Q = N\,V$, и что T/N есть средний интервал между партиями $T_{инт}$, получаем третью инвариантную форму выражений (2.1–2.2):

$$E_{ср} = QT_{ср}/T = N\,VT_{ср}/T = VT_{ср}/T_{инт} \qquad (2.3)$$

Смысл формулы (2.3) очевиден: число партий, поступающих на склад за время хранения $T_{ср}$ одной партии, есть $T_{ср}/T_{инт}$, и средний размер склада определяется умножением числа одновременно присутствующих на складе партий на объем одной партии V.

Формулы (2.1. – 2.3.) в расчетном плане полностью идентичны, и выбор той или иной из них определяется вопросами удобства.

Одним из таких факторов является форма судовой партии. Понятие времени формирования (расфор-

мирования) партий позволяет получать совпадающие с выведенными формулами результаты лишь для треугольных партий. В том случае, если характер жизненного цикла грузовой партии на терминале иной (наиболее типичные примеры показаны на рис. 2.3), или же когда статистика завоза первого или вывоза последнего контейнера относительно момента подхода судна не ведется, использование времени формирования партии оказывается невозможным. В то же время, понятие среднего срока хранения груза на складе не утрачивает смысла, и поэтому используется чаще.

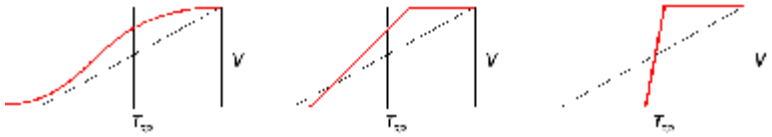


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.15. Оценка работы склада через средний срок хранения экспортной партии

В общем случае для грузовых партий произвольной формы средний срок хранения определяется из грузовой работы склада для одной партии по формуле $s_i/V = 1/V\sum\partial_i$, как это показано на рис. 2.4.

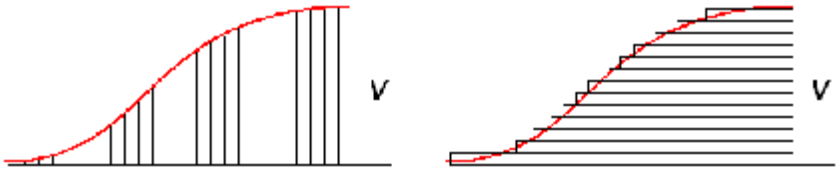


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.16. Оценка среднего срока хранения экспортной партии

В одном случае подсчет грузовой работы может вестись как количество груза этой партии по каждым суткам пребывания (слева на рисунке), в другом – как количество груза с тем или иным сроком хранения (справа на рисунке). В любом варианте делением на величину грузовой партии получается средний срок хранения.

Из вывода выражений (2.1) и (2.2) следует, что оба они тождественны, различаясь использованием для оценки судовой партии средним временем хранения или временем формирования. Это иллюстрируют рис. 2.5. – 2.7.

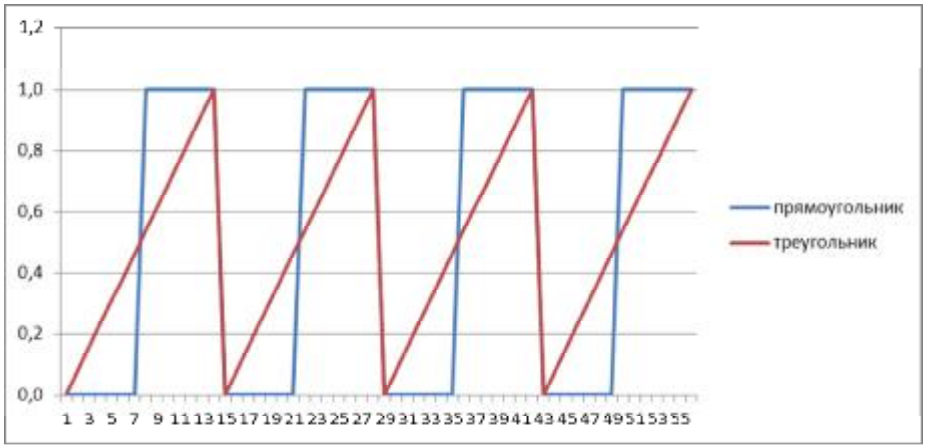


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.17. Эпюры работы склада для $E_{ср}$ = 0,5 сут

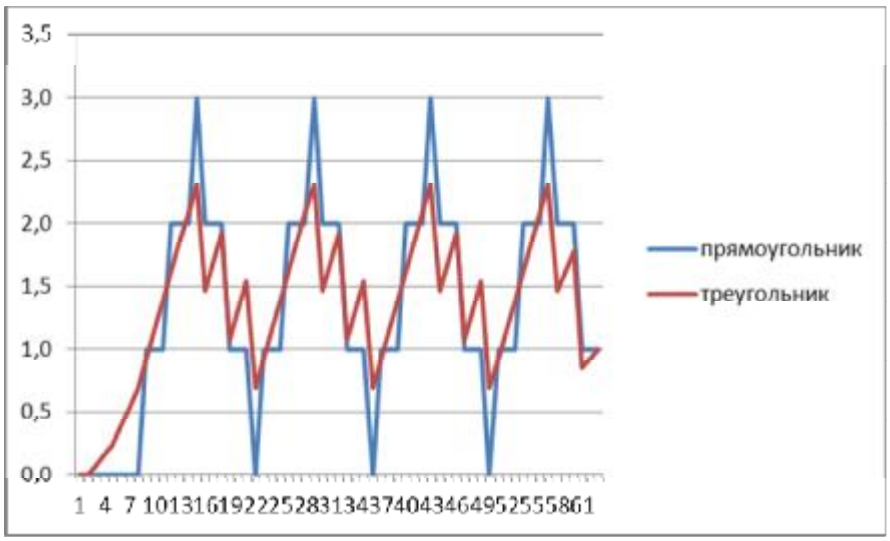


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.18. Эпюры работы склада для $E_{ср}$ = 1,5 сут

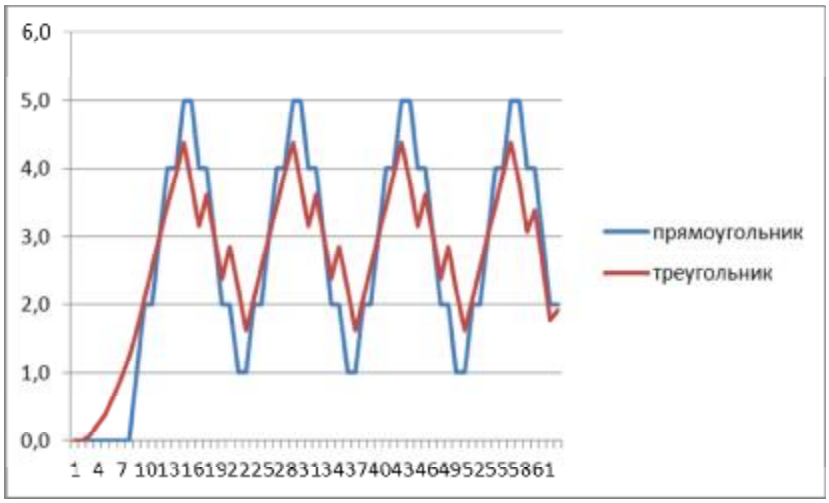


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.19. Эпюры работы склада для $E_{ср}$=3 сут

Как видно из этих рисунков (а так же следует из самого вывода и подтверждается расчетами для данных, лежащих в основе этих графиков), средние значения при представлении формирования партий по треугольному и прямоугольному закону совпадают.

В то же время, характер распределения моментов прибытия и убытия партий на интервале анализа приводит к значительным всплескам и провалам мгновенных значений относительно средних уровней. В то же время, именно эти значения характеризуют требования к размеру склада.

Оценка максимального (требуемого) размера склада для случая равномерного поступления груза. Можно показать, что наименьшие требования к увеличению требуемого размера склада относительно среднего уровня возникают при равномерном интервале между судами (рис. 2.8).

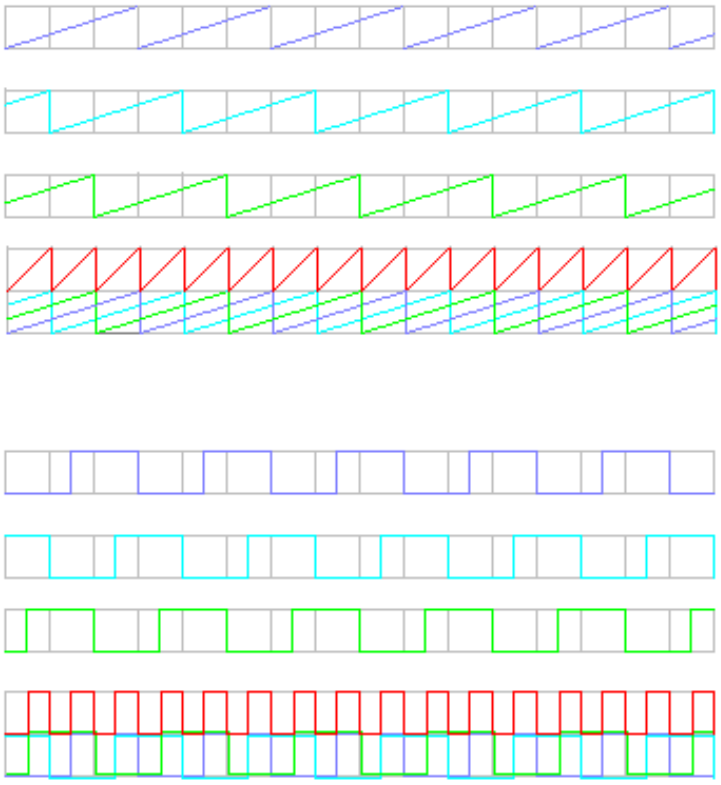


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.20. Эпюры работы склада при равномерном интервале между партиями

На этом рисунке показаны отдельные компоненты экспортных судовых партий для треугольных и прямоугольных интерпретаций, соответствующих времени расформирования в 3 суток (1,5 суток среднего времени хранения) и поступления партий каждые сутки. По всем формулам (2.1–2.3) средний объем склада в этом случае составляет величину 1,5 судовой партии, что подтверждается графиками на рис. 2.8.

Изучаемые в данном разделе треугольные или прямоугольные законы формирования партий предполагают, что судовые операции (разгрузка и погрузка) производятся мгновенно, т. е. за время, пренебрежимо малое по отношению к временам хранения и формирования. Это означает, что высота каждой «ступеньки» (всплеска при поступлении импортной партии или спада при убытии экспортной) в точности равна объему судовой партии.

Из этого следует, что при равномерном поступлении партий амплитуда колебаний вокруг среднего значения составляет величину судовой партии V. Следовательно, в этом частном случае требуемый размер склада может быть получен добавлением величины половины этой амплитуды, т. е. $\frac{1}{2}\times V$. Если заметить, что T/N есть интервал поступления партий $T_{суд}$, из формулы (2.1) имеем

$$E_{мах} = E_{ср}+\tfrac{1}{2}V = \tfrac{1}{2}QT_{ф}/T+\tfrac{1}{2}V = \\ = \tfrac{1}{2}NVT_{ф}/T+\tfrac{1}{2}V = \tfrac{1}{2}V(T_{ф}/T_{суд}+1) \qquad (2.4)$$

Для формулы (1.2) аналогичная поправка будет

$$E_{мах} = E_{ср}+\tfrac{1}{2}V = QT_{хр}/T+\tfrac{1}{2}V = N\,VT_{хр}/T+\tfrac{1}{2}V = V(T_{хр}/T_{суд}+0{,}5) \qquad (2.5)$$

В любом случае, данная поправка, добавленная к среднему значению, позволяет получить значение, равное максимуму в обоих случаях, показанных на рис. 2.8.

Выведенные поправки величиной в половину судовой партии справедливы лишь для случая равномерного поступления партий и их одинаковых размеров. Как видно из рис. 2.5 – 2.7, колебания значений объема хранения вокруг средних значений в значительной мере определяются неравномерностью поступления партий. Именно это будет составлять предмет рассмотрения в следующих разделах.

В завершение этого раздела рассмотрим случай одновременного хранения на терминале импортного и экспортного груза. Очевидно, что соответствующие графики изменения объема груза на складе будут иметь зеркальный вид относительно вертикальной оси, как показано на рис. 2.9.

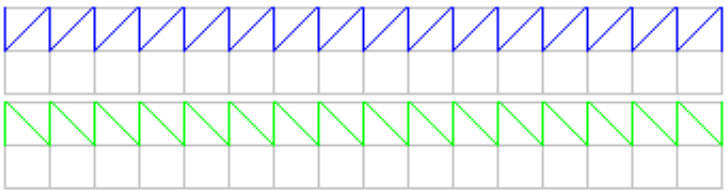


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.21. Эпюры изменения объёма импортного и экспортного склада

Общее количество груза на складе может быть получено суммированием графиков на этом рисунке. При этом следует учитывать, что момент «мгновенного» прибытия импортной партии предшествует моменту «мгновенного» убытия экспортной партии. Соответствующая совокупная зависимость полного склада показана на рис. 2.10.**Ошибка! Источник ссылки не найден.**

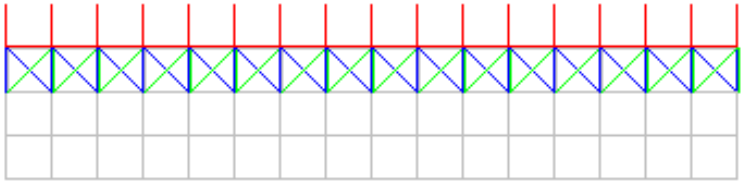


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.22. Эпюра изменения полного объёма склада

Действительно, для получения среднего объема полного склада сложим средние значения импортного и экспортного склада:

$$E_{скл} = E^{имп}{}_{ср}+E^{экс}{}_{ср} = Q^{имп}T^{имп}{}_{ср}/T+Q^{эксп}T^{экс}{}_{ср}/T$$

Если предположить, что $Q^{имп} = Q^{эксп} = Q/2$, то

$$E_{скл} = Q½(T^{имп}+T^{экс})/T = QT_{хр}/T$$

Здесь $T_{хр}$ есть средний срок хранения $½(T^{имп}+T^{экс})$. Иными словами, формула (2.2) остается справедливой для этого случая и, по сути, и по записи. Формула (2.3) для этого случая принимает значение $E_{ср} = 2VT_{хр}/T_{инт}$.

Легко убедиться, что получаемые с помощью этих формул значения характеризуют базовый уровень склада, показанный на рис. 2.10. Величины всплесков, наблюдаемые во время обработки судна у причала, составляют размер судовой партии V.

Из этого рассмотрения можно сделать следующий вывод. В любом случае организации склада – отдельных полускладов по направлениям или совместного – его часть, равная объему судовой партии V, в каждый отдельный момент времени не будет использоваться. В случае отдельных складов (рис. 2.9) это будет возрастающий или уменьшающийся свободный запас мощности хранения. В случае полного склада объем в целую судовую партию будет востребован лишь во время судовых операций, что показывает рис. 2.10. Это подтверждает целесообразность организации специализированного буферного склада для временного хранения погружаемой или выгруженной партии.

Рассмотрим конкретный пример расчета морского терминала навалочного груза.

Нормативный расчет размера склада. **Интенсивность погрузочно-разгрузочных работ**. Раздел 5.1 Норм технологического проектирования морских портов «Грузовые причалы» предписывает рассчитывать производительность причала в соответствии с формулой, приведенной в п. 5.1.4, а именно $P_{сут}$ (в тоннах в сутки), исходя из продолжительности грузовых работ и производственных стоянок при обработке расчетных судов как средневзвешенную величину:

$$P_{сут} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} \frac{A_j\left(t_{грj} + t_{пcj}\right)}{24D_j}},$$

где m – количество типов расчетных судов;

A_j – доля расчетных судов типа j в общем объеме расчетного грузооборота;

$t_{грj}$ – время занятости причала выполнением грузовых работ при обработке судна типа j, ч;

$t_{пcj}$ – среднее время занятости причала под производственными стоянками судна типа j, ч;

D_j – расчетная загрузка судна типа j, т.

Действительно, в большинстве случаев в техническом задании на проведение технологического проек-

тирования портов и терминалов известен желаемый годовой грузооборот *Q*. Кроме того, обычно имеются предположения о типах судов, которые будут участвовать в реализации этого грузопотока, т. е. для каждого типа судна *i* известна его грузовместимость v_i.

Частота использования судов в грузопотоке обычно задается двумя способами: относительной долей судов каждого типа в грузопотоке α_i ($\Sigma\alpha_i = 1$) или относительной долей их в грузопотоке β_i ($\Sigma\beta_i = 1$).

Если обозначить общее число судов, реализующих грузопоток Q, как N, то количественная доля судов типа i есть $n_i = N\,\alpha_i$, а суммарная доля соответствующего им грузооборота есть $q_i=Q\beta_i=n_i\,v_i$.

Поскольку $Q = \Sigma q_i = \Sigma n_i v_i = \Sigma\, N\,\alpha_i v_i = N\,\Sigma\alpha_i v_i$, имеем $N = Q/\Sigma\alpha_i v_i$.

Из $Q\beta_i=n_i v_i = N\,\alpha_i v_i$ имеем $\beta_i = N\,\alpha_i v_i/Q$ и, подставив $N = Q/\Sigma\alpha_i v_i$, получаем выражение для β_i через α_i:

$$\beta_i=\alpha_i v_i/\Sigma\alpha_i v_i.$$

Таким же образом имеем:

$$N = \Sigma n_i = \Sigma q_i/v_i = \Sigma Q\beta_i/v_i = Q\Sigma\beta_i/v_i$$

и, поскольку $N\,\alpha_i = Q\beta_i/v_i$, подставив $N = Q\Sigma\beta_i/v_i$, получаем выражение для α_i через β_i:

$\alpha_i = (\beta_i/v_i) / \Sigma(\beta_i/v_i)$.

Табл. 2.1 показывает пример пересчета α_i в β_i и обратно.

Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.1.
Пересчёт систем коэффициентов

Vi	*ai*		*bi*	*ai*
1000	**0,1**		**0,032787**	**0,1**
2000	**0,2**		**0,131148**	**0,2**
3000	**0,3**		**0,295082**	**0,3**
4000	**0,35**		**0,459016**	**0,35**
5000	**0,05**		**0,081967**	**0,05**
Σai=	1	*Σbi=*	1	
*Σai*Vi=*	3050	*Σbi/Vi=*	0,000328	

Для рассматриваемого нами случая годовой грузопоток Q принят равным 8 300 000 т. Пусть распределение судов будет таким, как задано в табл. 2.2 (экранная форма).

Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.2.
Распределение судов в судопотоке и грузопотоке (экранная форма)

Q год = 8 300 000

Тип судна	L суд	L шв	Вместимость, v_i	$K_{имп}$	$K_{эксп}$	Доля судозаходов, α_i	К-во линий	Произв.
СКН	м	м	т			%	ед.	т/ч/лин
СН-10	100	10,0	10000	0,0	1,0	5	1	470
СН-20	125	12,5	20000	0,0	1,0	5	1	470
СН-30	140	14,0	30000	0,0	1,0	10	2	470
СН-40	160	16,0	40000	0,0	1,0	20	2	470
СН-50	210	21,0	50000	0,0	1,0	25	3	470
СН-60	250	25,0	60000	0,0	1,0	15	3	470
СН-70	300	30,0	70000	0,0	1,0	10	3	470
СН-80	310	31,0	80000	0,0	1,0	5	4	470
СН-90	330	33,0	90000	0,0	1,0	5	4	470

α_i	$V_i\,\alpha_i$	β_i
0,05	500	0,010101
0,05	1000	0,020202
0,1	3000	0,060606
0,2	8000	0,161616
0,25	12500	0,252525
0,15	9000	0,181818
0,1	7000	0,141414
0,05	4000	0,080808
0,05	4500	0,090909

β_i	β_i/V_i	α_i
0,010101	1,01E-06	0,05
0,020202	1,01E-06	0,05
0,0606061	2,02E-06	0,1
0,1616162	4,04E-06	0,2
0,2525253	5,05E-06	0,25
0,1818182	3,03E-06	0,15
0,1414141	2,02E-06	0,1
0,0808081	1,01E-06	0,05
0,0909091	1,01E-06	0,05

На основании этих данных можно рассчитать число судозаходов в год, и средний интервал этих судозаходов. После этого, задавшись средним сроком хранения груза и вычислив средний размер грузовой партии, можно вычислить средний размер склада. Добавив к этой величине половину максимальной партии, можно оценить максимальный (требуемый) размер склада при равномерном прибытии судов. Эти результаты приведены в табл. 2.3.

Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.3.
Распределение судов в судопотоке и грузопотоке

$N=Q/\Sigma a_i v_i$	167,6768	судов/год
$T_{инт}$ =	2,18	сут
$T_{хр}$ =	30	сут
$V_{ср}$ =	49500	т
$E_{ср}$ =	682192	т
$E_{мах}$ =	**727192**	**т**

Расчет пропускной способности морского грузового фронта (МГФ). Расчет выполняется согласно Нормам. При этом считаются известными типы обслуживаемых на терминале судов (т. е. их характеристики и, в частности – расчетная загрузка D_j), а так же доля судов каждого типа j в грузообороте A_j. Производительность и число работающих на судно технологических линий определяет $t_{грj}$ – время занятости причала выполнением грузовых работ при обработке судна типа j . Для каждого типа судна j Нормы определяют среднее время занятости причала производственными стоянками судна $t_{п.cj}$.

Таким образом, средняя часовая интенсивность обработки судна типа j, подсчитанная за все время его стоянки у причала ($t_{грj}+t_{п.cj}$), есть

$$p_{часj} = D_j/(t_{грj}+t_{п.cj}),$$

а средняя суточная интенсивность обработки судна типа j есть

$$P_{сут\ j} = 24D_j/(t_{грj}+t_{п.cj}).$$

Весь объем грузопотока Q_j, образуемый участием судов типа j, есть

$$Q_j = QA_j.$$

Здесь Q есть годовой грузооборот причала, заданный или рассчитываемый – в зависимости от задачи проектирования.

Полное время занятости причала этой частью грузопотока T_j есть

$$T_j = Q_j/P_{сут\ j} = QA_j/P_{сут\ j}.$$

Общее время обработки причалом Q складывается из времени обработки каждой компоненты:

$$T = \sum T_j = \sum QA_j/P_{сут\ j}.$$

Отсюда суточная интенсивность погрузочно-разгрузочных работ, производимых на причале при обработки заданной смеси судов $P_{сут}$, есть

$$P_{сут} = Q/T = Q/(\sum QA_j/P_{сут\ j}) = 1/(\sum A_j/P_{сут\ j}).$$

Подставив в эту формулу значение $P_{сут\ j} = 24D_j/(t_{грj}+t_{п.cj})$, получаем приводимую в Нормах формулу.

Рассчитанная таким образом интенсивность $P_{сут}$ представляет собой взвешенную по всем типам судов производительность среднего взаимозаменяемого причала при работе на усредненное судно, никак не дифференцируя причалы по типам или характеристикам. Если причал будет непрерывно обслуживать суда, т. е. простой между подходами судов будет отсутствовать, то за год его предельная пропускная способность (мощность) составит величину $365P_{сут}$. В действительности часть бюджета времени работы причала будет потеряна на ожидание прихода судов и по метеоусловиям. Полученный с учетом этих факторов грузооборот называют годовой установленной мощностью причала.

Для расчета по Нормам годовой установленной мощности, кроме годового грузопотока $Q_{порт}$, позволяющего рассчитать среднемесячный грузооборот $Q_{среднемес}$, задается грузооборот всего причального фронта в месяц наибольшей работы $Q_{мес}$:

$$Q_{мес} = Q_{среднемес} \cdot K_{мес}.$$

Месяц в Нормах считается состоящим из 30 суток, но из них по метеусловиям теряется $K_{мет}$, а причал в месяц наибольшей работы предписывают использовать с коэффициентом $K_{зан}$. Отсюда один причал может работать не все 30 суток, а лишь $30K_{мет}K_{зан}$, обеспечивая грузооборот:

$$30P_{сут}K_{мет}K_{зан}.$$

Этот грузооборот обеспечивается в месяц наибольшей работы, когда причал используется с коэффициентами занятости и потерями по метеоусловиям, рассмотренными выше. В средний месяц, следовательно, этот грузооборот в $K_{мес}$ раз меньше, т. е.

$$(30P_{сут}K_{мет}K_{зан})/K_{мес}.$$

Если таких месяцев всего $N_м$, то за год один причал очевидно дает грузооборот $(30P_{сут}K_{мет}K_{зан}N_м)/K_{мес}$.

В соответствии с п. 13.1.4. Норм годовую установленную мощность причала $P_{год}$ в тоннах рассчитывают по формуле:

$$P_{год} = \frac{30P_{сут}K_{мет}K_{зан}N_м}{K_{мес}}$$

При этом Нормы определяют требуемое число причалов как

$$Q_{среднемес}K_{мес}/(30P_{сут}K_{мет}K_{зан}).$$

Пунктом 13.1.1. Норм потребность в грузовых причалах $N_{пр}$ определяется по формуле:

$$N_{пр} = \frac{Q_{мес}}{30 P_{сут} K_{мет} K_{зан}},$$

где $Q_{мес}$ – расчетный грузооборот причального фронта в месяц наибольшей работы, т/мес;

$P_{сут}$ – интенсивность погрузочно-разгрузочных работ, т/сут;

$K_{мет}$ – коэффициент использования бюджета рабочего времени причала по метеорологическим причинам в месяц наибольшей работы;

$K_{зан}$ – коэффициент занятости причалов обработкой судов в течение месяца.

В анализируемом случае все суда считаются однотипными (класса «Панамакс»). С учетом нормативных значений длительности вспомогательных операций при обработке судов класса «Панамакс» (определяемая Нормами константа), при различной производительности технологических линий (аргумент 1) и их числе (аргумент 2) можно определить суточную мощность причала, которая позволяет рассчитать его годовую мощность умножением на число суток в году. Соответствующее семейство кривых приведено на рис. 2.11. При этом в качестве аргумента зависимости выбрано число технологических линий, а параметром семейства – их производительность.

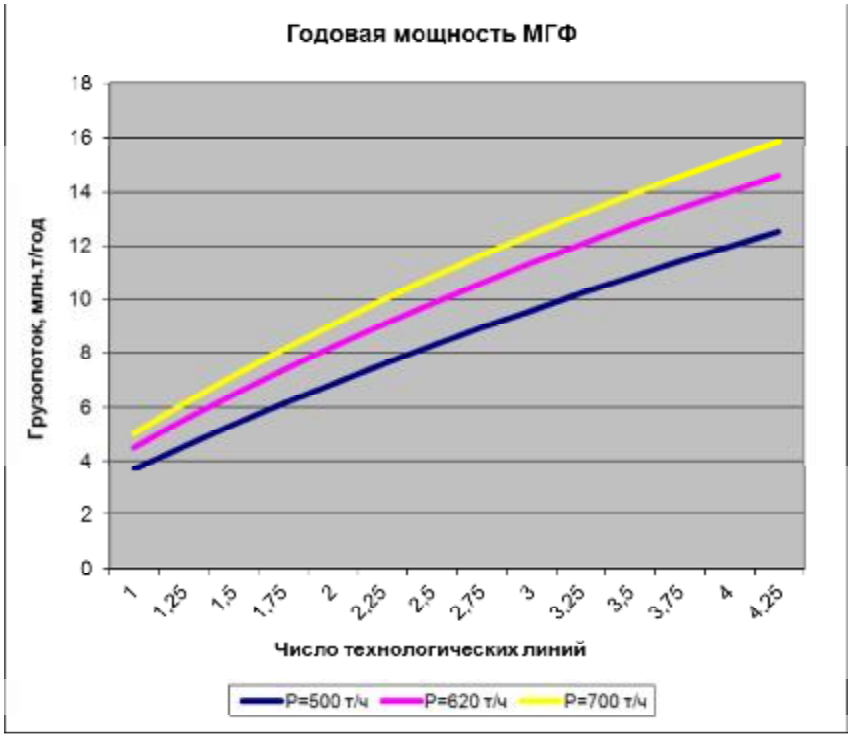


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.23. Расчет мощности причала при различной производительности линий

Задавшись нормативными же значениями коэффициентов неравномерности грузопотока, рекомендуемой занятости причала и потерь по метеоусловиям, можно построить аналитические зависимости годовой пропускной способности причала как функции от числа технологических линий для разных производительностей последних (рис. 2.12). Аргументы и параметры семейства – такие же, как и в предыдущем случае.

Очевидно, что в случае *N* причалов мощность и пропускная способность будет в *N* раз больше.

Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.24. Годовая пропускная способность причала

Коэффициент занятости причалов является традиционным показателем использования ресурса морского грузового фронта. В то же время, практика эксплуатации и, как следствие, проектирования современных морских грузовых терминалов выявила ряд противоречий, которые рассматриваются в данном разделе, после чего формируется предложение по разрешению противоречий нового определения понятий.

Производственная деятельность порта оценивается количественными и качественными показателями, значение которых широко используется в управлении и планировании работы порта. Затраты и использование ресурсов порта по причальному фронту в качественном отношении оцениваются коэффициентом занятости $К_{зан}$ отдельного причала или в среднем по группе причалов производственно-перегрузочного комплекса. Этот коэффициент измеряется долей рабочего времени $Т_р$ в плановом бюджете времени причала $Т_б$, т. е.:

$$К_{зан} = Т_р/Т_б.$$

Рабочее время причала $Т_р$ определяется суммарным временем стоянки судов у причала, т. е. $Т_р = \Sigma t^{суд}_i$, откуда:

$$К_{зан} = \Sigma t^{суд}_i/Т_б.$$

По историческим причинам причал, как конструктивное (строительное) понятие, был тождественен причалу, как управленческой (административной) единице. Тем не менее, использование определенного таким образом коэффициента занятости для обработки судов, длина которых согласована с длиной причала, не вызывает проблем (рис. 2.13).

Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.25. Обработка судов на причалах согласованной длины

В последние десятилетия наблюдался быстрый рост размеров судов, используемых на магистральных направлениях перевозок, что потребовало строительства причалов большей длины. При этом суда меньшего размера так же сохранились в мореплавании, что привело к появлению значительной неоднородности состава флота, заходящего в порты.

Одновременное использование новых причалов для обработки судов разного размера стало приводить к значительной неоднозначности в интерпретации коэффициента занятости, определенного указанным выше способом. Действительно, если на таком причале одновременно обрабатывается два судна или более, то их суммарное время стоянки увеличивается. В ряде случаев коэффициент использования увеличивается настолько, что его значение превышает 100 %. С другой стороны, обслуживаемое на длинном причале малое судно по времени может давать приемлемое значение использования, но это использование касается лишь части длины причальной стенки, т. е. оцениваемого ресурса. Часть этих проблем иллюстрирует рис. 2.14.

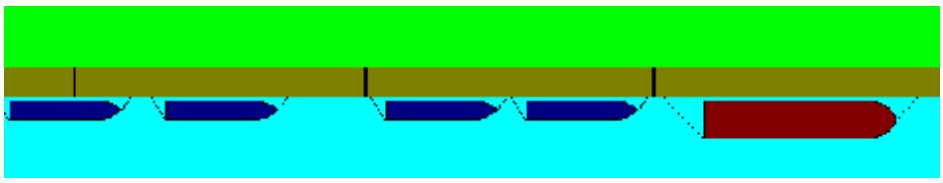


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.26. Обработка судов различной длины

В качестве способа устранения этого противоречия в мировой практике сначала пытались использовать некоторые условные модули, в единицах которых исчисляли причалы. Например, во второй половине XX в. таким условным модулем для контейнерных терминалов считался участок причала длиной 200 м. Дальнейшее развитие флота и терминалов последовательно заставляло увеличивать этот модуль (сначала до 250 м, потом до 300 м и далее), что, в конце концов, показало бесперспективность этого подхода. Мировая практика эксплуатации причалов линейной конфигурации и большой протяженности постепенно выработала более точное определение коэффициента занятости причалов и/или их группы, теперь повсеместно используемое специалистами при проектировании и эксплуатации портов и терминалов.

Если графически имеющиеся на терминале или в порту участки причального фронта отложить по вертикальной оси, а календарное время – по горизонтальной, то обработка судов в этих координатах представляется прямоугольниками со сторонами $t^{суд}_i$ и $l^{суд}_i$, где $l^{суд}_i$ – длина причала, занимаемая соответствующим судном с учетом требуемых технологических разрывов. Этот график, в том или иной виде присутствующий практически в каждом диспетчерском центре управления портом или терминалом, условно показан на рис. 2.15.

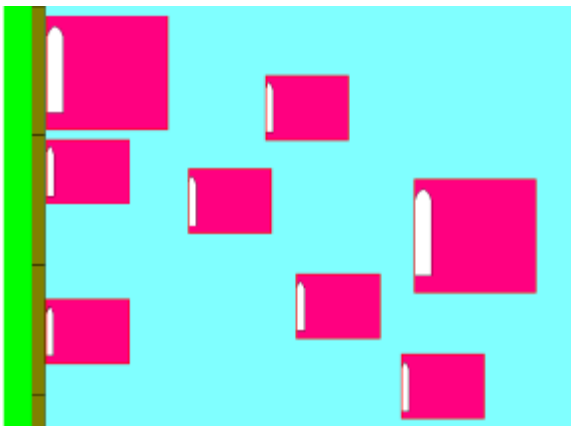


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.27. График обработки судов на причальном фронте

Легко видеть, что суммарная площадь указанных прямоугольников характеризует полезное использование причала, а общий имеющийся ресурс есть произведение общей длины причального фронта $L = \Sigma L_m$ на плановый бюджет времени причала $T_б$. Следовательно, коэффициент занятости группы причалов в этом случае определяется как

$$К_{зан} = (\Sigma l^{суд}_i t^{суд}_i)/LT_б.$$

Для каждого отдельного причала в группе может быть определен свой коэффициент занятости, или

$$k^m_{зан} = (\Sigma l^{суд}_i t^{суд}_i).$$

Коэффициент занятости группы причалов $К_{зан}$ связан со значением коэффициента занятости каждого из них $k^m_{зан}$ соотношением:

$$К_{зан} = (\Sigma L_m k^m_{зан})/L.$$

Таким образом, суммарный коэффициент использования группы причалов выражается взвешенной по длинам суммой отдельных составляющих его причалов. Для доказательства обозначим суммарное время обработки судов у каждого причала как $(\Sigma l^{суд}_i t^{суд}_i) = a_m$. Тогда имеем $k^m_{зан} = a_m/L_m T_б$. Поскольку суммарное время обработки судов у всех причалов есть Σa_m, имеем $К_{зан} = (\Sigma a_m)/LT_б$. Умножив и разделив в сумме (Σa_m) каждое слагаемое на $L_m T_б$, имеем:

$$\Sigma a_m = \Sigma L_m T_б a_m/(L_m T_б) = \Sigma L_m T_б k^m_{зан}.$$

Следует отметить, что значения определенного подобным образом коэффициента использования причала в большинстве случаев оказываются существенно ниже, чем вычисленные по традиционной методик, поскольку последняя считает любое судно использующим причал на 100 %. Это иллюстрирует рис. 2.16.

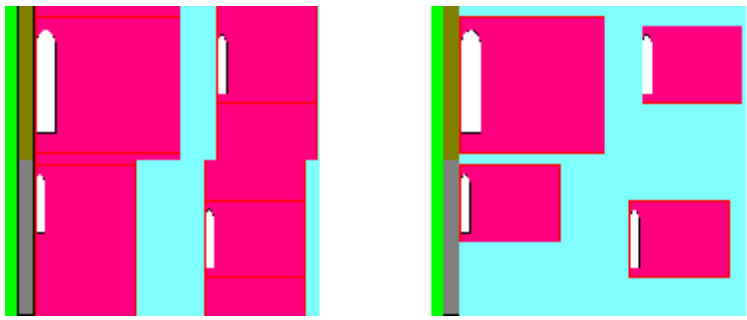


Рис. **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.28. Условная занятость причала при различных определениях

2.2. Методы теории вероятности в технологическом проектировании

Базовые понятия и определения

Случайной величиной X называется величина, которая в результате опыта может принимать то или иное неизвестное заранее значение.

Законом распределения случайной величины X называется всякое соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями.

Если случайная величина является дискретной, принимающей конечное множество значений, то простейшей формой задания закона распределения может быть ряд распределения случайной величины. Этот ряд представлен таблицей, в которой перечислены возможные значения случайной величины и соответствующие им вероятности.

Для непрерывных случайных величин, имеющих бесчисленное множество значений, использовать ряд распределения невозможно. Для них в качестве количественной характеристики закона распределения вероятностей удобно пользоваться вероятностью события $X < x$, где x – некоторая текущая переменная. Вероятность P события $X < x$, очевидно, зависит от x. Соответствующая функция носит название функции распределения случайной величины и обозначается $F(x) = P(X < x)$. Эта универсальная характеристика полностью определяет случайную величину с вероятностной точки зрения, т. е. является одной из форм закона распределения.

Функция распределения F(x) имеет некоторые общие свойства.

1. Функция распределения F(x) неубывающая функция своего аргумента, т. е. при $x_2 > x_2$ $F(x_2) \geq F(x_1)$.

2. На минус бесконечности функция распределения равно нулю: $F(-\infty) = 0$.

3. На плюс бесконечности функция распределения равно единице: $F(+\infty) = 1$.

При решении практических задач часто оказывается необходимым определить вероятность того, что случайная величина примет значение, заключенное в некотором интервале от a до b, т. е. события $a \leq X < b$. Вероятность этого события равно приращению функции распределения на этом интервале $P(a \leq X < b) = F(b)–F(a)$.

Если рассмотреть вероятность попадания случайной величины на интервал от x до $x+\Delta x$, то вероятность попадания случайной величины на этот участок есть $P(x \leq X < x+\Delta x) = F(x+\Delta x)–F(x)$ является локальной характеристикой функции распределения поблизости от x. Для большей объективности исключим из рассмотрения величину интервала Δx. С этой целью рассмотрим отношение этой вероятности $P(x \leq X < x+\Delta x)$ к длине интервала Δx (т. е. среднюю вероятность, приходящуюся на единицу длины на этом участке), и будем устремлять Δx к нулю. В пределе мы получим производную от функции распределения:

$$\lim_{\Delta x \to 0} = \frac{F(x+\Delta x) - F(x)}{\Delta x} = F'(x) \cdot$$

Функция $f(x)=F'(x)$ называется **плотностью распределения**, поскольку она характеризует плотность, с которой распределяются значения случайной величины в данной точке. Плотность распределения, как и функция распределения, является еще одной формой закона распределения.

Вероятность попадания случайной величины на отрезок от a до b, выраженная через плотность распределения, есть:

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x)dx \cdot$$

По определению F(x) = P(x < X) = P(–∞ <x <X), что позволяет выразить функцию распределения через плотность:

$$F(x) - \int_{-\infty}^{b} f(x)dx \cdot$$

Во многих приложениях нет необходимости описывать случайную величину исчерпывающим образом. Зачастую достаточно указать только отдельные числовые параметры, которые характеризуют существенные для конкретной задачи черты распределения. Например, это может быть среднее значение, около которого группируются возможные значения случайной величины, или какое-то число, характеризующее степень разбросанности значений относительно этого среднего. Такие характеристики, в наиболее сжатой форме отражающие самые существенные особенности распределений, называются **числовыми характеристиками** случайной величины.

Важнейшей числовой характеристикой является **математическое ожидание** случайной величины, или ее **среднее значение**:

$$M_x = M[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x)dx \cdot$$

Характеристикой рассеяния значений вокруг среднего служит **дисперсия** случайной величины, которая определяется как математическое ожидание новой случайной величины – квадрата отклонения X от M_x, или:

$$D[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - M_x)^2 dx \cdot$$

Дисперсия случайной величины имеет размерность квадрата случайной величины, поэтому для наглядности удобнее пользоваться величиной, которая совпадает с размерностью случайной величины. Для этого из дисперсии извлекают квадратный корень, и полученную величину называют среднеквадратичным отклонением случайной величины *X*:

$$\sigma = \sqrt{D[X]} \cdot$$

Дискретные случайные величины так же могут описываться указанными числовыми характеристиками, в которых интегрирование заменяется суммированием.

Отдельные законы распределения

Нормальный закон распределения. Наиболее часто встречающимся на практике законом распределения является нормальный закон распределения (закон Гаусса). Главная особенность, выделяющая его из других законов, является то, что он является предельным законом, к которому приближаются другие законы распределения при часто встречающихся типичных условиях. Доказано, что сумма достаточно большого числа независимых случайных величин, подчиненных каким угодно законам распределения, при соблюдении весьма нежестких ограничений приближенно описывается нормальному закону, и это выполняется тем точнее, чем больше случайных величин суммируется.

Нормальный закон распределения величины X характеризуется плотностью распределения вида:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \cdot$$

Кривая распределения по нормальному закону имеет характерный колоколообразный вид, показанный на рис. 2.17.

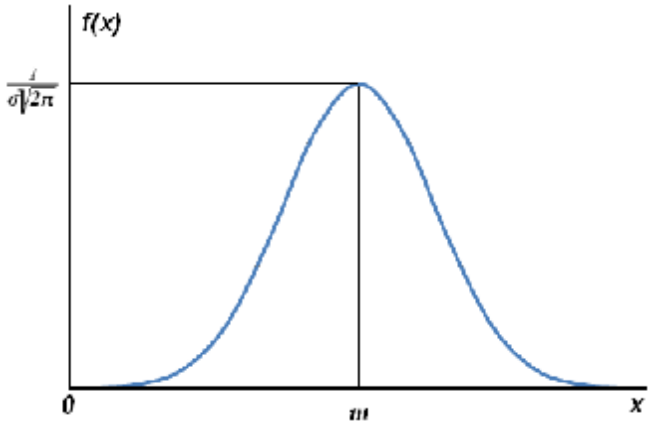


Рис. 2.17. Кривая распределения по нормальному закону

Максимальное значение ординаты $\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$ соответствует точке x = m, которая определяет математическое ожидание величины X. Величина σ есть среднеквадратичное отклонение, т. е. $D[X] = \sigma^2$. Параметр m характеризует положение кривой на оси абсцисс (рис. 2.18), а параметр σ – форму кривой, или характеристику рассеивания вокруг центра рассеивания.

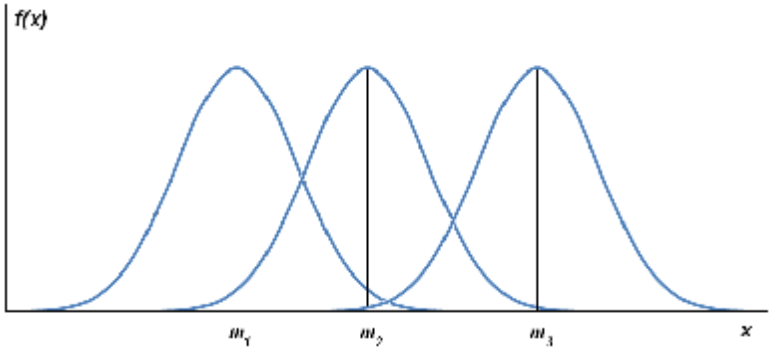


Рис. 2.18. Изменение положения кривой при изменении параметра m

Наибольшая ордината кривой распределения обратно пропорциональна σ, при ее увеличении максимальная ордината уменьшается. Так как площадь кривой распределения всегда остается равной единице, то при увеличении σ кривая становится все более плоской, растягиваясь вдоль оси абсцисс (рис. 2.19).

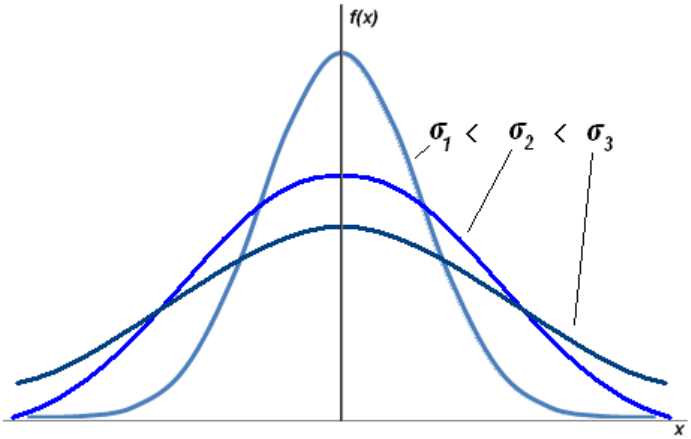


Рис. 2.19. Изменение формы кривой при изменении параметра σ

На практике принято считать, что все рассеивание (с точностью до долей процента) укладывается на участке 3σ в ту и другую сторону от центра рассеивания.

Закон распределения Пуассона. Во многих практических случаях приходится иметь дело со случайными величинами, которые удовлетворяют следующим требованиям:

1. Вероятность попадания того или иного числа точек на отрезок зависит только от длины этого отрезка *t* и не зависит от его положения на оси x. Иными словами, точки распределены по оси с одинаковой средней плотностью. Эту плотность (т. е. математическое ожидание числа точек, приходящуюся на единицу длины)

обозначают λ.

2. Точки распределяются по оси независимо друг от друга, т. е. события, состоящие в попадании того или иного числа точек на непересекающиеся отрезки, независимы.

3. Вероятность попадания на малый участок Δx двух и более точек пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью попадания одной точки (т. е. практически невозможно совмещение двух или более точек).

Поставим задачу определить вероятность того, что P_m того, что на отрезок длиной t попадет ровно m точек. Очевидно, что данная случайная величина является дискретной, принимающей значения m = 0,1,2,…

Распределение значений этой случайной величины подчиняется своеобразному закону, имеющему название *закона Пуассона*.

Если обозначить математическое ожидание числа точек, попадающих на отрезок длиной t как a = λt, то распределение искомой вероятности P_m по этому закону описывается формулой:

$$P_m = \frac{a^m}{m!} e^{-a} \cdot$$

Графически этот закон показан на рис. 2.20.

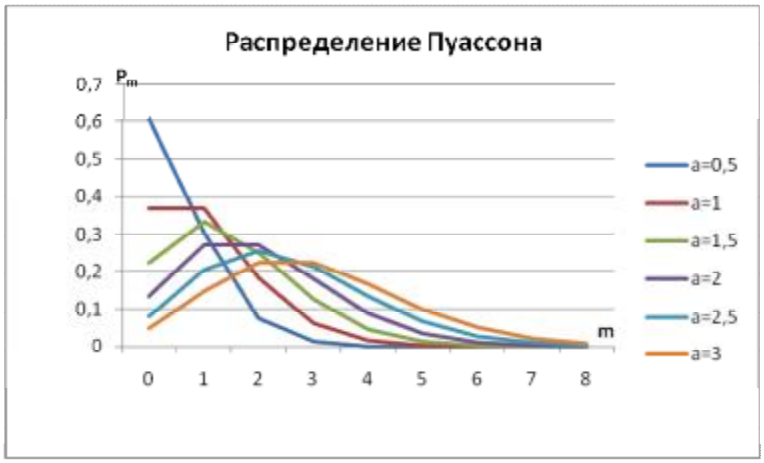


Рис. 2.20. Кривая распределения по закону Пуассона

Можно показать, что дисперсия случайной величины, распределенной по закону Пуассона, равна ее математическому ожиданию. При этом обе этих характеристики равны значению параметра a = λt.

Вероятность того, что отрезок длиной t окажется пустым, т. е. что на него не попадет ни одна точка, есть

$$P_0 = e^{-a}.$$

Вероятность P_1 того, что на отрезок длиной t попадет ровно одна точка, составит величину

$$P_1 = ae^{-a}.$$

Вероятность того, что на отрезок попадет две точки и более, есть

$$1-(P_0+P_1) = 1-\partial e^{-a}-ae^{-a}.$$

Вероятность того, что на отрезок попадет хотя бы одна точка, есть

$$1-P_0 = 1-e^{-a}.$$

Показательный закон распределения. С дискретной величиной, распределенной по закону Пуассона, связана непрерывная случайная величина T, представляющая собой промежуток между двумя произвольными соседними событиями в потоке. Функция распределения этой случайной величины есть

$$F(t) = P(T < t).$$

Чтобы найти выражение для этой функции, перейдем к вероятности противоположного события:

$$1-F(t) = P(T \geq t).$$

Это событие состоит в том, что на участке длиной t, начинающимся в момент появления одного из событий потока, не появится ни одного из последующих событий. Эта вероятность есть $P_0 = e^{-\lambda t}$, откуда имеем:

$$F(t) = 1-e^{-\lambda t}.$$

Графики функций распределения случайных величин $P(T \geq t)$ и F(t) показаны на рис. 2.21.

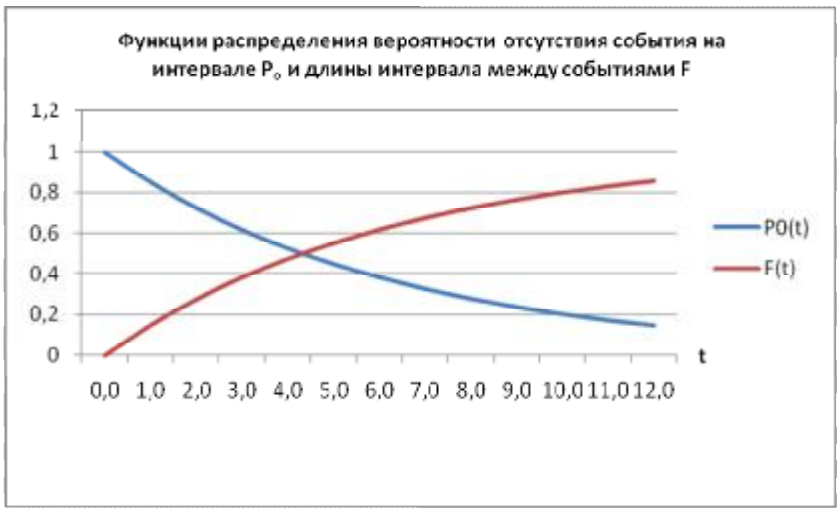


Рис. 2.21. Графики распределения случайных величин P(T≥t) и F(t)

Дифференцируя, найдем плотность распределения величины T:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}.$$

Закон распределения с такой плотностью называется показательным законом с параметром λ (рис. 2.22).

Рис. 2.22. Плотность распределения показательного закона

Математическое ожидание величины, распределенной по показательному закон, есть 1/λ, а дисперсия составляет $1/\lambda^2$.

Пример 1. Пусть годовой грузооборот причала составляет 4 млн. т. Суда, используемые для перевозки груза, имеют вместимость 68 400 т. Время обслуживания судна у причала составляет 2,5 суток. В предположении о Пуассоновском характере судопотока, определить вероятность ожидания пришедшим судном освобождения причала (образования очереди).

Решение примера 1. Годовой грузооборот и вместимость судов позволяют определить число судов, заходящих в порт за год $N = Q/V$ = 4 000 000/68 400 = 58. Число судозаходов позволяет вычислить плотность судопотока $\lambda = N/365$ = 58/365 = 0,16. Средний интервал между судозаходами составит величину $T_{суд} = 365/N$. Задавшись значением интервала $T_{обс}$, равным времени обработки судна, получаем математическое ожидание числа захода судов на этом интервале $a = \lambda T_{обс} = T_{обс}/T_{суд}$ =0,4, таким образом:

Показатель	*Обозначение*	*Значение*	*Размерность*
Годовой грузооборот	Q	4000000	[т]
Вместимость судна	V	68400	[т]
Число судозаходов	N	58,48	[шт]
Интервал между заходами	$T_{суд}$	6,24	[сут]
Время обслуживания	$T_{обс}$	2,50	[сут]
$\lambda = N/365 = 1/T_{суд}$	**λ**	0,16	[$сут^{-1}$]
$\mu = 1/T_{обс}$	**μ**	0,40	[$сут^{-1}$]
$a = \lambda/\mu = T_{обс} / T_{суд} = \lambda\ T_{обс}$	a	0,40	

Вероятность того, что отрезок длиной $T_{обс}$ окажется пустым, т. е. что на него не попадет ни одна точка, есть $P_0 = e^{-a} = 0{,}72$, откуда вероятность прихода второго судна во время обработки первого есть $F(T_{обс}) = 1–P_0 = 0{,}28$.

2.3. Методы теории массового обслуживания в технологическом проектировании

Системы массового обслуживания используются тогда, когда некоторые **требования** (заявки) на выполнение работы поступают в случайные моменты времени. Выполнение этих работ, называемое **обслуживанием**, осуществляется одним или несколькими обслуживающими устройствами. Длительность обслуживания считается случайной величиной.

Устройство, в каждый момент времени обслуживающее только одну заявку, называется **каналом обслуживания.**

Характерной особенностью задач массового обслуживания является несоответствие скорости поступления заявок и скорости обслуживания, в результате чего либо простаивают каналы, либо образуется очередь на обслуживание. Принципиальный интерес представляют следующие характеристики системы обслуживания:

– длина очереди в различные моменты времени;

– общая продолжительность нахождения заявки в системе (ожидание в очереди и собственно обслуживание);

– доля времени, в течение которого каналы простаивают.

Для получения математической модели системы массового обслуживания необходимо иметь:

– описание входящего потока требований;

– описание способа обслуживания;

– описание дисциплины очереди (как заявки поступают из очереди на обслуживание: по принципу кто первым пришел, по степени срочности, по шкале приоритетов и пр.)

В общем виде система массового обслуживания дана на рисунке 2.23.

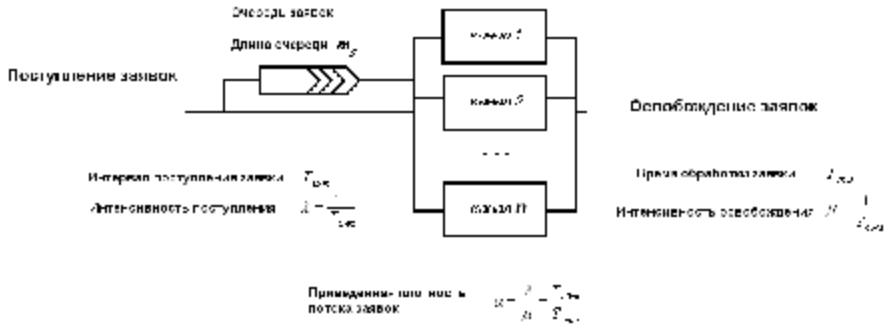


Рис. 2.23. Система массового обслуживания с ожиданием

Поток заявок в большинстве случаев предполагается простейшим (т. е. стационарным, без последействия и ординарным).

Стационарность потока означает то, что вероятность попадания того или иного числа событий на некоторый временной интервал зависит только от его длины, а не от расположения его на временной оси.

Отсутствие последействия означает, что для любых непересекающихся участков времени число событий, попадающих на них, не зависит от числа событий, попадающих на другие.

Ординарность потока означает то, что вероятность одновременного поступления двух и более заявок пренебрежимо мала.

В этих предположениях поток является пуассоновским, т. е. число событий на каждом отрезке времени распределено по закону Пуассона. Поток заявок характеризуется величиной средней плотности потока заявок λ, определяемой как количество заявок в единицу времени. В рассматриваемом случае плотностью потока заявок является отношение числа прибывающих транспортных средств N к рассматриваемому периоду времени (например, T = 365 сут), т. е.:

$$\lambda = \frac{N}{365} = \frac{1}{T_{инт}}.$$

Система массового обслуживания характеризуется средней длительностью обслуживания заявки $T_{обсл}$, как правило, считающейся распределенной по показательному закону. Для удобства расчетов используется величина, обратная длительности обслуживания $\mu = \frac{1}{T_{обсл}}$. Она носит название плотности потока освобождения заявок. Эти предположения не всегда хорошо отражают работу реальных систем обслуживания. Основным мотивом в пользу их использования является упрощение математической стороны исследования.

Отношение a = λ/μ называется **приведенной плотностью потока заявок**. В рассматриваемом нами случае приведенная плотность потока заявок есть

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{T_{обсл}}{T_{инт}}.$$

Очевидно, что приведенная плотность показывает, сколько в среднем заявок поступает в систему за время обработки одной заявки. Эта величина связана с числом каналов и степенью их использования (занятости).

Действительно, среднее число поступивших транспортных средств за произвольный интервал времени T есть N, что по определению означает $T = T_{обсл}N$. Полный бюджет времени всех n каналов обслуживания за интервал времени T есть величина $T_{бюдж} = Tn$. Общее время работы всех каналов за интервал T есть величина $T_{раб} = NT_{обсл}$. Отсюда:

$$K_{зан} = T_{раб}/T_{бюдж} = NT_{обсл}/(Tn) = NT_{обсл}/(T_{обсл}Nn) = \alpha/n.$$

Система массового обслуживания с отказами. Рассмотрим сначала систему, имеющую n одинаковых каналов, на вход которой поступают заявки с плотностью λ. Заявки обслуживаются за среднее время 1/μ. Если в момент поступления в системе имеется свободный канал, она поступает на обслуживание. Если свободного канала нет, заявка покидает систему необслуженной.

В теории массового обслуживания показано, что вероятность занятости ровно k каналов в системе задается формулой

$$p_k = \frac{\frac{a^k}{k!}}{\sum_{k=0}^{n} \frac{a^k}{k!}}.$$

Величина a = λ/μ является приведенной плотностью потока заявок и есть не что иное, как среднее число заявок, приходящее за среднее время обслуживания заявки.

Если положить k = n, получаем вероятность отказа (вероятность того, что поступившая заявка найдет все каналы занятыми):

$$p_{отк} = p_n = \frac{\frac{a^n}{n!}}{\sum_{k=0}^{n} \frac{a^k}{k!}}.$$

Иногда вместо вероятности отказа пользуются понятием **пропускной способности системы**, определяемой как $q = (1 - p_{отк})$.

В частности, для одноканальной системы (n=1):

$$p_{отк} = \frac{a}{a+1}; \; q = \frac{1}{a+1}.$$

Очевидно, что эта вероятность отказа должна быть близка к полученной при рассмотрении закона Пуассона вероятности прихода заявки за время обслуживания.

Система массового обслуживания с ожиданием. Рассмотрим опять систему, имеющую n одинаковых каналов, на вход которой поступают заявки с плотностью λ. Заявки обслуживаются за среднее время 1/μ. Заявка, заставшая все каналы занятыми, становится в очередь и ожидает, пока не освободится какой-нибудь канал. Если время ожидания ничем не ограничено, то система называется «чистой системой с ожиданием». Если оно ограничено какими-либо условиями, то система называется «системой смешанного типа».

Ограничения на ожидания могут быть различными: иногда ограничивается время ожидания заявки в

очереди или всего пребывания заявки в системе, иногда – длина очереди. Здесь мы рассмотрим самую простую систему – чистую систему с ожиданием.

В момент начала работы системы возникает нестационарный (т. е. изменяющийся во времени) переходный процесс. В ряде случаев он затухает, и система переходит в **стационарный** или установившийся режим, вероятностные характеристики которого не зависят от времени. В иных случаях поступление заявок превышает возможности системы: заявки все время накапливаются в очереди и система не переходит в стационарный режим. Системы с отказами всегда имеют стационарный режим. Из систем с ожиданием нас будут интересовать так же лишь те, которые переходят в установившееся состояние.

Чтобы чистая система с ожиданием, к которым в общем случае относится терминал, была стационарной, необходимо выполнение условия $\alpha < n$. Иными словами, минимальное число каналов для обслуживания заявок, гарантирующее существование стационарного режима, в рассматриваемой системе должно быть больше числа заявок, приходящих за время обслуживания $\frac{T_{обсл}}{T_{инт}}$.

Пограничный случай $\alpha = n$ характеризует 100 %-ю занятость каждого канала обслуживания, т. е. тот случай, когда немедленно после окончания обслуживания одной партии на ее место поступает следующая.

Как в этом пограничном случае, так и при реальном соотношении $\alpha < n$ может (точнее, обязательно будет) образовываться очередь на обслуживание.

Теория массового обслуживания позволяет, в зависимости от различных соотношений величин α и n, оценить время ожидания заявки в очереди и длину очереди, т. е. среднее время ожидания партии в очереди на обслуживание и их среднее количество единиц в ней.

Возможные состояния системы таковы:

x_0 – ни один из каналов не занят (очереди нет);

x_1 – занят ровно один канал (очереди нет);

x_k – занято ровно k каналов (очереди нет);

x_n – заняты все каналы (очереди нет);

x_{n+1} – заняты все n каналов, одна заявка стоит в очереди;

x_{n+s} – заняты все n каналов, s заявок стоит в очереди.

Вероятности этих состояний описываются формулами:

$$p_k = \frac{\frac{a^k}{k!}}{\sum_{k=0}^{n}\frac{a^k}{k!} + \frac{a^{n+1}}{n!(n-a)}};$$

$$p_{n+s} = \frac{\frac{a^{n+s}}{n!n^s}}{\sum_{k=0}^{n}\frac{a^k}{k!} + \frac{a^{n+1}}{n!(n-a)}}.$$

Среднее число заявок в очереди определяется формулой:

$$m_s = \frac{\frac{a^{n+1}}{n \cdot n!\left(1-\frac{a}{n}\right)^2}}{\sum_{k=0}^{n}\frac{a^k}{k!} + \frac{a^{n+1}}{n!(n-a)}}.$$

Среднее число заявок, одновременно обслуживаемых всеми каналами в каждый момент времени, есть a. Соответственно, среднее число заявок, находящихся в системе (в обработке и в ожидании) есть $К_{сис} = m_s+\alpha$.Отсюда средне времени ожидания в очереди на обслуживание:

$$t_{ож} = \frac{m_s + a}{\mu\, n}.$$

Использования систем массового обслуживания

Представление склада как системы массового обслуживания с отказами. Представим работу склада как систему массового обслуживания, заявками в которой являются поступающие в виде простейшего потока судовые партии, характеризующиеся плотностью поступления потока заявок. Последняя, в зависимости от

удобства, может задаваться либо как число поступающих партий в год N или средним интервалом между поступлениями $T_{инт}$:

$$\lambda = \frac{N}{365} = \frac{1}{T_{инт}}$$

Среднее время хранения партии $T_{хр}$ на складе в этом случае может быть интерпретировано как среднее время обслуживание заявки $T_{обр}$. Наибольшее количество одновременно хранящихся на складе судовых партий составляет объем склада n.

Слишком малое допустимое число партий (т. е. размер склада) приведет к появлению очереди и связанным с ней потерям первого рода, слишком большое – приведет к их неэффективному использованию склада, т.е. к потерям второго рода. Чтобы учитывать потери, связанные с простоями, теория массового обслуживания предлагает известные формулы для определения средней длины очереди и среднего времени ожидания в ней. Задавшись относительными удельными весами (удельной стоимостью) и оценив суммарную величину этих потерь, можно сравнить их с затратами на образование дополнительной мощности склада, что позволяет определить оптимальное в этом смысле количество хранимых партий m.

К сожалению, подобные аналитические результаты могут быть получены лишь для нескольких видов потоков событий: простейшего, нестационарного пуассоновского, потоков с ограниченным последействием – Пальма или Эрланга различных порядков (поток Эрланга порядка k получается из простейшего потока сохранением каждой (k+1) точки и отбрасыванием остальных).

Тем не менее, аппарат теории массового обслуживания оказывается важным и востребованным при решении многих частных задач технологического проектирования и, в частности, может быть использован для оценки требований к складу. Для иллюстрации этого рассмотрим несколько примеров.

Пример 2. Пусть в порт заходит 365 судов в год. Время хранения судовой партии в порту составляет 7 суток. На складе одновременно может храниться n = 1, 2, …, N судовых партий. Найти среднюю долю партий, которые получают отказ в приемке на склад.

Решение примера 2. Имеем μ = 1/7; λ = 1; α = 7. По формуле Эрланга рассчитаем значения вероятности отказа и относительной пропускной способности для n = 1, .., 15. Вычисленные значения и соответствующие графические зависимости показаны на рис. 2.24.

$P_{отк}$	q
0.875	0.125
0.753846	0.246154
0.637546	0.362454
0.530139	0.469861
0.435279	0.564721
0.354705	0.645295
0.288235	0.711765
0.23445	0.76555
0.191406	0.808594
0.157123	0.842877
0.129826	0.870174
0.108031	0.891969
0.090549	0.909451
0.076443	0.923557
0.064987	0.935013

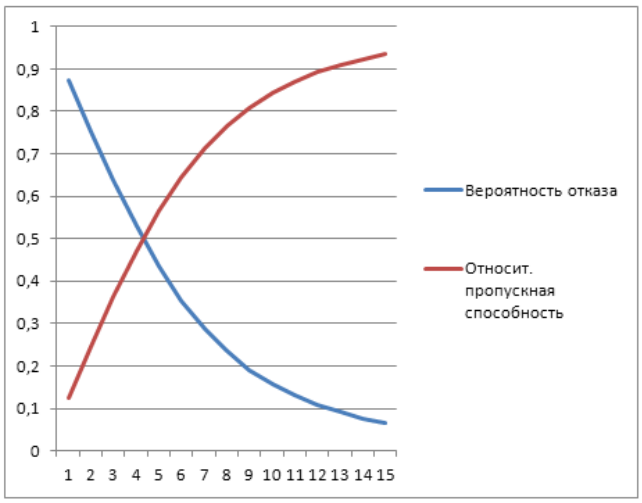


Рис. 2.24. Характеристики склада как системы с отказами

По условию стационарности (хотя в данном случае и рассматривается система с отказами, для которой условие стационарности неприменимо), чтобы обеспечить хотя бы принципиальную возможность обработки всех заявок, пусть с очередями неограниченной длины (в этом случае – не потерять заявки) необходимо обеспечить число каналов n > 7. Тем не менее видно, даже при вдвое большем числе каналов часть заявок покидает систему необслуженными, т. е. для поступивших судовых партий не находится места на складе. Другое дело, что в системах с ожиданием время этого ожидания могло быть невелико, но это уже относится к другому классу систем.

Пример 3. Пусть по-прежнему в порт заходит 365 судов в год и время хранения судовой партии в порту составляет 7 суток. На складе одновременно может храниться n = 1, 2, …, N судовых партий. Найти вероят-

ности нахождения на складе k партий, определить вероятность наличия очереди и среднюю длину очереди.

Решение примера 3. Имеем те же значения $\mu = 1/7$; $\lambda = 1$; $\alpha = 7$. По приведенным формулам рассчитаем значения вероятности p_k для $n = 1, ..., 15$, вероятностей наличия и длины очереди (рис. 2.25).

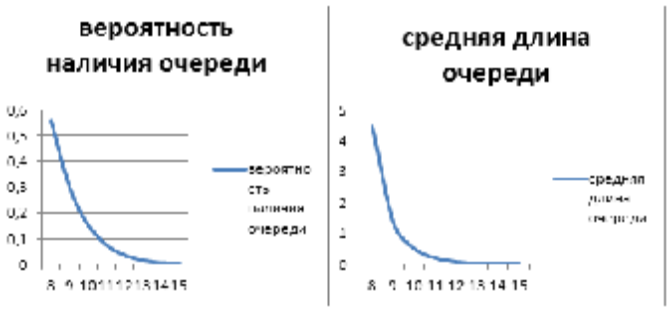


Рис. 2.25. Характеристики склада как системы с ожиданием

По условию стационарности, для обеспечения принципиальной возможности обработать все заявки с очередями неограниченной длины необходимо иметь число каналов $n > 7$. Как и в предыдущем примере, даже при вдвое большем числе каналов часть заявок оказывается в очереди на обслуживание, т. е. для поступивших судовых партий не находится места на складе. С ростом числа каналов вероятность наличия очереди и длина ее быстро уменьшаются.

Пример 4. При тех же условиях (365 судов в год, время хранения судовой партии в порту составляет 7 суток) найти аналитические значения объема склада.

Решение примера 4. Условие стационарности $\alpha < n$ при $\mu = 1/7$; $\lambda = 1$;
$\alpha = 7$ дает минимальное количество одновременно хранимых на складе партий $n = 8$.

Пример 5. При тех же условиях (365 судов в год, время хранения судовой партии в порту составляет 7 суток) найти расчетное значения объема склада по формуле $E = QT_{хр}/365$.

Решение примера 5. Заметим, что годовой грузопоток Q реализуется заходами N судов с объемом судовой партии v, т. е. $Q = vN$. Подставив это значение в выражение $E = QT_{хр}/365$ и заметив, что $365/N$ есть ни что иное как $T_{инт}$, имеем $E = vNT_{хр}/365 = vT_{хр}/T_{инт} = v\alpha$ или, с учетом округления до ближайшего целого значения, $E = vn$. Иными словами, указанная формула выражает тот же факт: на складе должно одновременно храниться не менее n судовых партий. Отсюда можно заключить, что нормативная формула расчета оценивает условие стационарности, формулируемое теорией массового обслуживания. Увеличение числа причалов на рекомендуемое значение коэффициента запаса при этом является не вполне обоснованной мерой, поскольку реальные потребности могут быть значительно выше.

Для наглядности приведем графическую иллюстрацию для рассмотренных примеров. На рис. 2.26 показан график поступления партий, соответствующий равномерному расписанию с параметрами рассмотренного примера, и соответствующий этому расписанию суммарный объем склада.

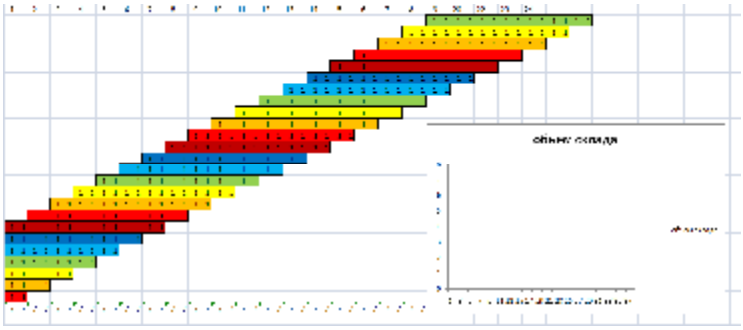


Рис. 2.26. Характеристики склада при равномерном поступлении партий (экранная форма)

На рис. 2.27 показан пример случайного распределения интервала поступления партий, соответствующего параметрам рассмотренного примера, и соответствующий суммарный объем склада.

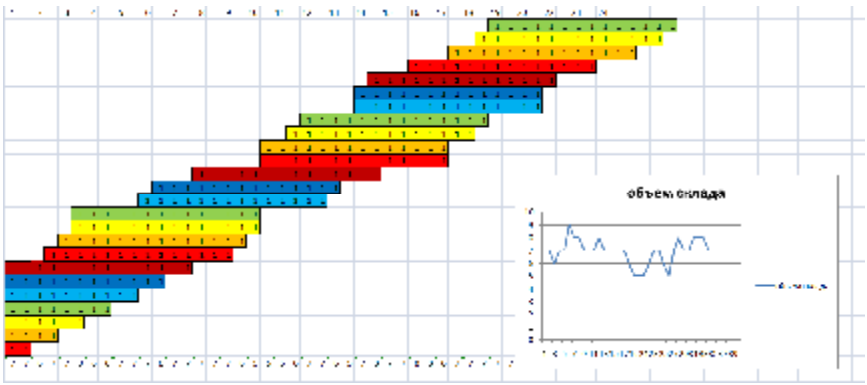


Рис. 2.27. Характеристики склада при случайном поступлении партий (экранная форма)

Из этого рисунка видно, что число хранимых на складе партий при случайном интервале прибытия отличается значительной вариативностью, что и показывали приведенные выше расчеты.

Представление морского фронта как системы массового обслуживания. Рассмотрим морской грузовой фронт как систему массового обслуживания, заявками в которой являются поступающие под обработку суда, каналами обслуживания – причалы, а временем обслуживания – проведение погрузо-разгрузочных и вспомогательных работ на судне.

Число судозаходов	N	86,25731	[шт]
Интервал судозаходов	$T_{инт}$	4,231525	[сут]
Плотность судозаходов	λ	0,236321	[$сут^{-1}$]
Время обслуживания	$T_{обсл}$	2,007603	[сут]
Плотность обслуживания	μ	0,498106	[$сут^{-1}$]
Приведенная плотность	α	0,47444	

Как уже было показано, $К_{зан} = \alpha/n$. Даже при одном причале в нашем примере коэффициент его использования составляет 47 %. Среднее число судов в очереди на обслуживание вычисляется по рассмотренной выше формуле. Значение длины очереди зависит от числа причалов, соответствующий график приведен на рис. 2.28.

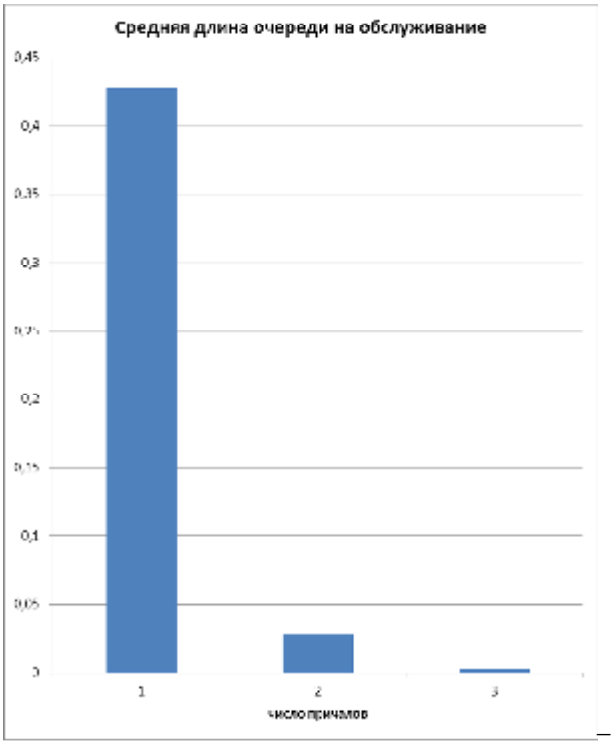


Рис. 2.28. Длина очереди для различного числа причалов

Очевидно, что большее количество причалов дает возможность достичь большего коэффициента их занятости, поскольку одинаковую длину очереди несколько каналов расформировывают быстрее. На рис. 2.29

показаны возможные расчетные грузопотоки через морской грузовой фронт при одинаковой занятости причала и при разной занятости, но одинаковой длине очереди.

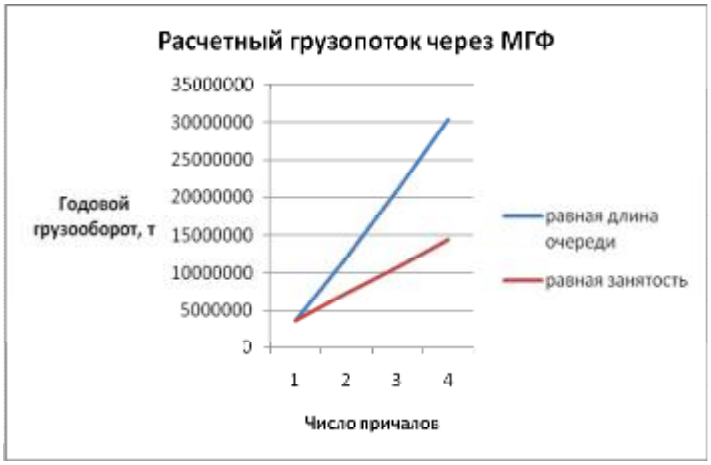


Рис. 2.29. Характеристики склада при случайном поступлении партии

Ограничения возможностей расчета методами ТМО

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

Это вызывает методический вопрос: на какую интенсивность ориентироваться при расчете характеристик – среднюю, которая не будет наблюдаться никогда (чаще всего реальные значения будут несколько ниже как компенсация пиковых всплесков), или максимальную, которая будет наблюдаться лишь короткое время?

В первом случае всплески интенсивности будут приводить к образованию очередей, для чего спланированная мощность может оказаться недостаточной. Во втором случае запланированное количество пунктов обслуживания (а значит и связанные с ними ресурсы) большей частью времени использоваться не будет.

В наиболее часто встречающейся постановке эта проблема может быть сформулирована следующим образом. Рассчитываемыми ресурсами является число каналов обслуживания (определяемое из максимально допустимой длины очереди). Заданными величинами являются интенсивности поступления и время обслуживания. В задании на проектирование следует указать: какой критерий должен быть использован; для какого грузопотока – максимального, среднего, минимального он используется; с каким качеством (временем ожидания, длина очереди); какие ограничения являются строгими, какие могут быть временно нарушены, на какое время и пр.

При отсутствии у заказчика предположений о характере грузопотока, жесткости ограничений и потерь, связанных с дефицитом или избытком проектных ресурсов, следует провести расчет нескольких полярных вариантов.

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

Применение методов теории массового обслуживания для анализа поведения склада связано и с иными методическими сложностями. Например, для выделенных событий не ясна интерпретация времени ожидания и самой очереди. Кроме того, время обслуживания заявки предполагает постоянное хранение всего объема партии и не учитывает изменение объема каждой партии в течение срока хранения. Последнее обстоятельство

иллюстрируют рис. 2.30 – 2.31, показывающие изменение запаса на складе при «треугольном» изменении объема хранимой партии для случаев равномерного и случайного интервала прибытия.

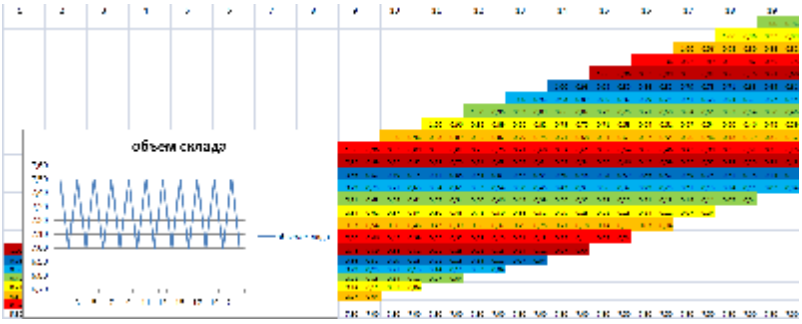


Рис. 2.30. Характеристики склада при равномерном поступлении треугольных партий (экранная форма)

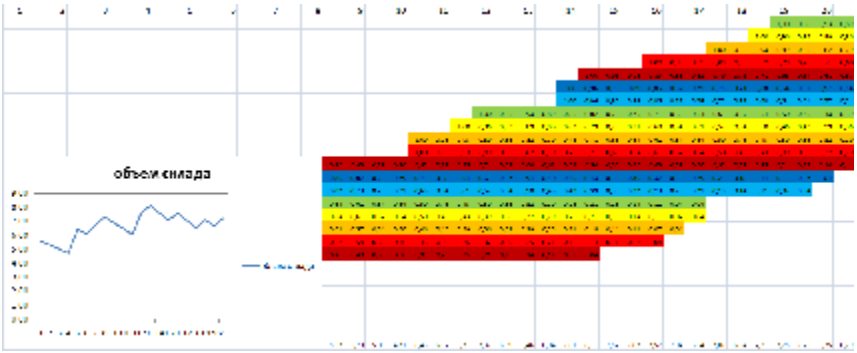


Рис. 2.31. Характеристики склада при случайном поступлении треугольных партий (экранная форма)

Очевидно, что влияние того или иного закона распределения интервалов поступления партий на склад может оказаться намного значительным, чем это позволяет оценить распределение по тому или иному простому статистическому закону: показательному, степенному, нормальному, Эрланга и т. д. Это влияние может оказаться так же более значительным, чем колебания объемов партий. Все эти обстоятельства заставляют искать иные методы оценки объема склада в зависимости от характера неравномерности поступления партий, которые будут рассмотрены в следующих разделах.

2.4. Методы Монте-Карло в технологическом проектировании

Основная идея метода статистических испытаний. От ряда недостатков, свойственных классическим системам массового обслуживания, свободен анализ вариативности методами Монте-Карло. Если переменные, входящие в формулу $F(x, y, \ldots, z)$, являются случайными величинами, то расчетная величина е так же будет являться случайной функцией. В этом случае результатом расчета должно являться не конкретное значение, а статистические свойства расчетной величины, которые определяются статистическими характеристиками входящих в формулу переменных.

В ряде случаев, при соблюдении определенных условиях относительно функций аргументов – как, например, имеет место в теории массового обслуживания – статистические характеристики величины е могут выражаться аналитически через соответствующие характеристики аргументов. В большинстве практических случаев законы распределения функций-аргументов заданы не в аналитическом виде, а в виде графиков, гистограмм, таблиц или даже качественных описаний.

В этом случае традиционным способом получить возможность вынести суждение о свойствах расчетной функции является использование метода статистических испытаний. Пусть некоторая переменная $t \in \{x, y, \ldots, z\}$ представлена своим графиком или гистограммой. Процентная вероятность каждого фрагмента сопоставляется с выбранным диапазоном натуральных чисел так, чтобы длина каждого отрезка была пропорциональна частоте этой вероятности (рис. 2.32).

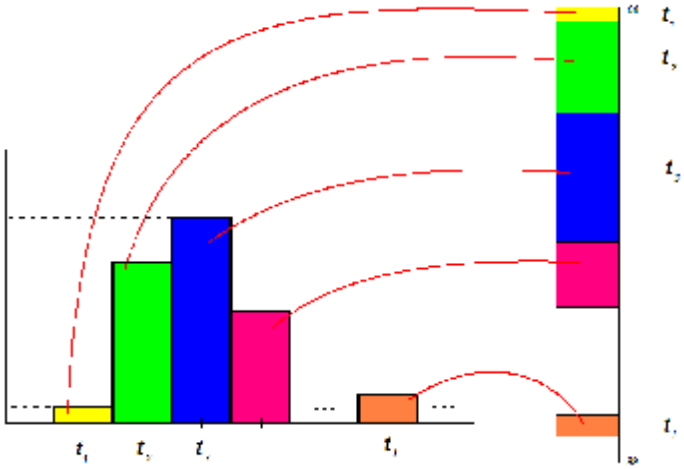


Рис. 2.32. Сопоставление диапазонов значений с числовыми диапазонами

Если тем или иным способом генерировать последовательность случайных чисел выбранного диапазона, то вероятность попадания каждого из них в тот или иной диапазон определяется длиной последнего (рис. 2.33).

Рис. 2.33. Генерация статистических испытаний

Построив подобные механизмы для каждой переменной {x, y, …, z}, можно переходить к статистическим испытаниям, которые и составляют основу метода. Для этого в каждом испытании k = 1, 2, …, K генерируют набор случайных чисел для каждой переменной, что позволит получить для каждой из них соответствующий набор значений $\{x_k, y_k, \ldots, z_k\}$. Для полученного набора мы можем вычислить значение искомой функции e по соответствующей формуле, т. е. $e_k = F(x_k, y_k, \ldots, z_k)$.

В результате испытаний мы получаем набор из K значений e_k исследуемой функции e, что позволяет построить гистограмму наблюдений (рис. 2.34).

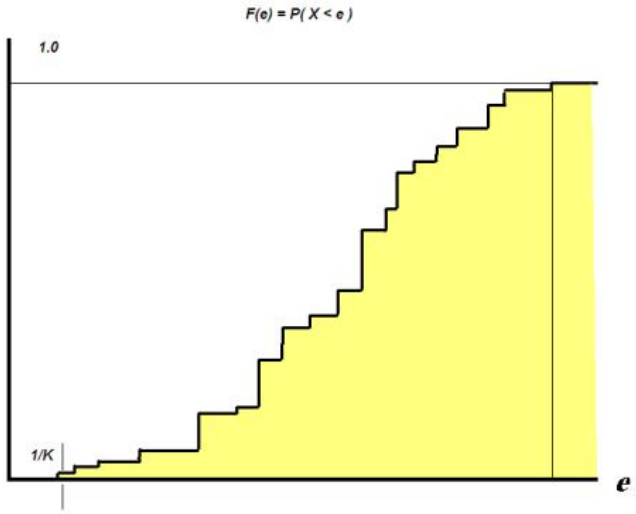


Рис. 2.34. Гистограмма результатов испытаний

Очевидно, что полученный график является статистической функцией распределения величины е, т. е. вероятность того, что наблюдаемое значение меньше X, т. е. $F(e) = P(X < e)$. Например, полученная кривая дает ответ на вопрос, с какой вероятность в проекте будет хватать некоторого ресурса величиной Е.

Снятие ряда ограничений, характерных для теории массового обслуживания и рассмотренных в предыдущем пункте, делает методику, основанную на методах Монте-Карло, обязательной компонентой общей методологии технологических расчетов. Конкретный вариант этой методики должен строится с учетом формата и объема получаемых на предыдущем этапе данных, и быть согласованным с ними за счет внутреннего интерфейса.

Метод Монте-Карло в значительной степени предполагает статистическую природу отклонения значений от средних величин. Если отклонения носят не статистический, а более-менее регулярный характер, метод теряет адекватность.

Использование метода статистических испытаний

Рассмотрим расчет вместимости склада по формуле $E = VT_{хр}/T_{суд}$, когда входящие в формулу значения считаются случайными величинами Пусть распределение этих величин показано на рис. 2.35.

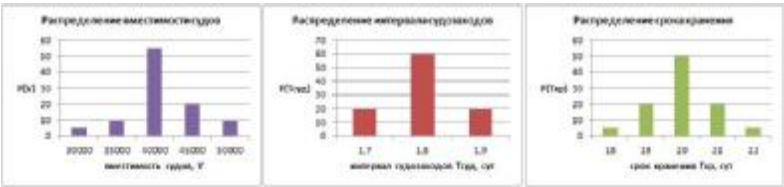


Рис. 2.35. Пример распределений входных величин

Многократное проведение статистических испытаний дает картину, как, например, представленную на рис. 2.36.

Рис. 2.36. Результаты статистических испытаний

Соответствующая гистограмма распределения вероятности загрузки склада показана на рис. 2.37, а на рис. 2.38 приведена плотность распределения загрузки склада для рассматриваемого случая.

Рис. 2.37. Гистограмма распределения загрузки склада

Рис. 2.38. Плотность распределения загрузки склада

Как и во многих рассмотренных выше случаях, здесь исследуется функциональная зависимость нескольких переменных, в данном случае вида $E = VT_{хр}/T_{суд}$, что эквивалентно $E = QT_{хр}/365$. От задачи к задачи (прямая или обратная в той или иной постановке) функции и аргументы этой зависимости могут меняться местами, например $Q = E\times365/T_{хр}$ или $T_{хр} = E\times365/Q$.

Наиболее общая форма записи функциональной зависимости – ее каноническая форма $F(E, Q, T_{хр}) = 0$. В зависимости от задачи, эта зависимость принимает один из следующих видов:

$$E = f_e(Q, T_{хр});$$
$$Q = f_q(E, T_{хр});$$
$$T_{хр} = f_t(E, Q).$$

С математической точки зрения для визуализации подобных зависимостей проще всего построить поверхности подобные представленной на рис. 2.39:

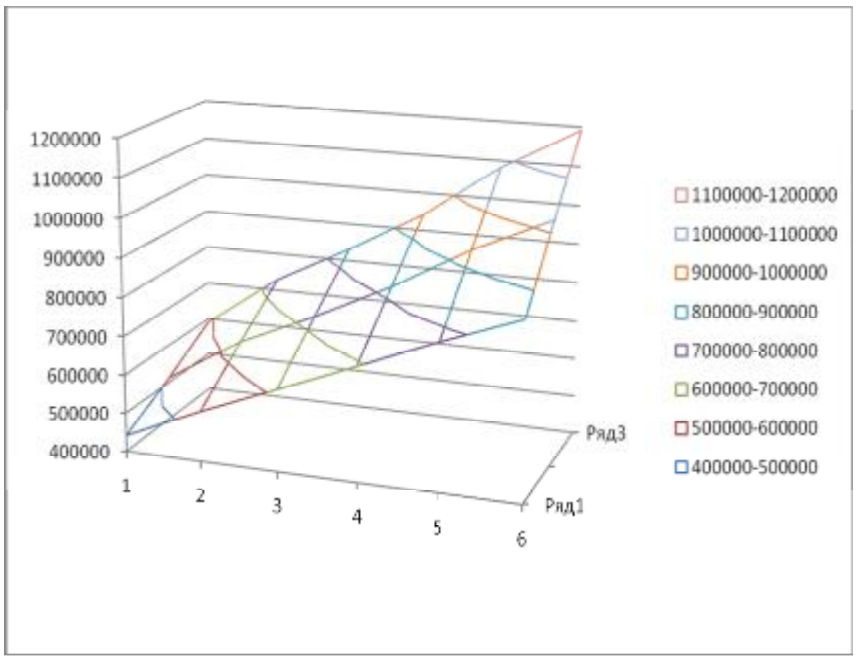


Рис. 2.39. Пример поверхности

Для инженерных целей более наглядным и информативным является вид семейства кривых, подобных представленному на рис. 2.40, для каждого отдельного аргумента.

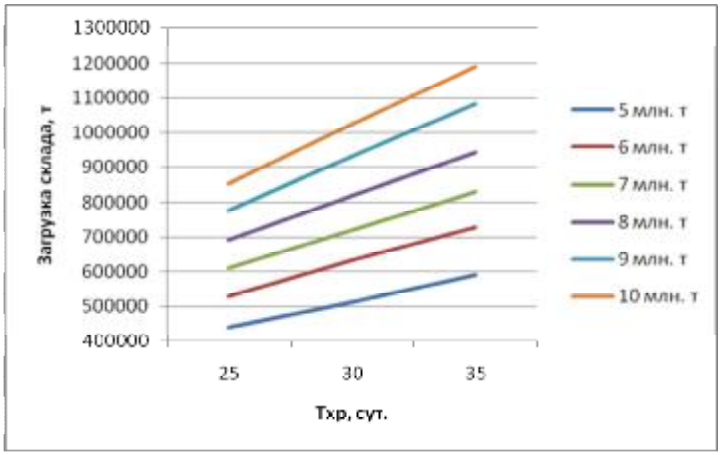


Рис. 2.40. Пример семейства кривых

Такое семейство кривых получается как набор функций одного аргумента (выбранного параметра) при различных значениях другого параметра, рассматриваемого как варьируемая константа $E = f_e(Q = \text{const}, T_{хр})$. Это соответствует сечению трехмерной поверхности на рис. 2.39 вертикальными плоскостями, параллельными оси $T_{хр}$ с шагом Q = const.

2.5. Анализ терминала методами генерации сценариев

Общая идея метода генерации сценариев

Необходимость формулировки определенных предположений о составе транспортных средств, которые используются для физической реализации заданного грузооборота, очевидна и в неявном виде сформулирована в «Нормах проектирования» (как распределение типа судов по доле в грузопотоке). Как было показано выше, это предположение оказывается слишком грубым для получения требуемого сегодня качества проектных данных.

В основе всех методик, предложенных для включения в новый инструментарий проектирования и описываемых далее, лежит единый механизм, названный «методом генерации сценариев».

Пусть нам известен ожидаемый годовой грузопоток через терминал и его структура, а также предполагаемое распределение состава флота по вместимости (табл. 2.4).

Таблица 2.4.

Распределение судозаходов по типам

Тип судна	Вместимость	Доля судозаходов
СКН	TEU	%
СКН-х1	v1	a1
СКН-х2	v2	a2
СКН-х3	v3	a3
…	…	…
СКН-хi	vi	ai
…	…	…
СКН-хK	vK	aK

Заданный грузопоток Q реализуется суммой груза, завезенного всеми N судами разной вместимости V_i, т. е.

$$Q = \sum 2V_i \cdot n_i = \sum 2V_i \cdot N \cdot a_i = 2N \cdot \sum V_i \cdot n_i .$$

Отсюда можно определить общее число судозаходов в год $N = \dfrac{Q}{2\sum V_i \cdot n_i}$, а потом и количество судозаходов каждого типа судов $n_i = Na_i$ (табл. 2.5).

Таблица 2.5.

Количество судозаходов в год по типам судов

Тип судна	Вместимость	Число судозаходов
СКН	TEU	судов/год
СКН-х1	v1	n1
СКН-х2	v2	n2
СКН-х3	v3	n3
…	…	…
СКН-хi	vi	ni
…	…	…
СКН-хK	vK	nK

Анализ распределения числа судозаходов в год позволяет выдвинуть предположения о характере повторяемости расписания: недельном, двухнедельном, месячном или ином. Это, в свою очередь, позволяет сформировать некоторые варианты соответствующего модуля (недельного, двухнедельного, месячного) расписания судозаходов для последующего анализа.

Например, в табл. 2.6 показан вариант расчета годового числа судозаходов для заданного грузопотока 1 400 000 TEU в год при фиксированном распределении судов по вместимости.

Таблица 2.6.

Пример выбора недельного числа судозаходов

Q год =	1400000	
Тип судна	Вместимость	Доля судозаходов
СКН	TEU	%
СКН-1100	990	43,4
СКН-1500	1350	24,1
СКН-2500	2250	32,5

Расчётное количество судозаходов в неделю в этом случае составляет значение N = 141, что позволяет выбрать близкие целые числа судозаходов (табл. 2.5), которые дают суммарный грузопоток, достаточно близкий к расчётному (1 394 640 и 1 400 000 соответственно), что отражено в таблице 2.7.

Таблица 2.7.

Расчетные и выбранные числа судозаходов в неделю
(экранная форма)

Тип судна	Вместимость	Число судозаходов	Расчетные судозаходы	Назнач. судозаходы	Назнач.грузопоток
СКН	TEU	судов/год	судов/нед	судов/нед	TEU/год
СКН-1100	990	204	3,9	4	411840
СКН-1500	1350	114	2,2	2	280800
СКН-2500	2250	153	2,9	3	702000

Для целей дальнейшего анализа необходимо составить различные варианты суточных прибытий судов,

реализующих заданный грузопоток.

Полученные расчётные данные о количестве судозаходов в недельный или иной период позволяют составить различные варианты расписания, которые необходимо моделировать или обсчитывать статическими методами.

Для этого в ручном или автоматическом режиме по заданному вероятностному критерию реализуется следующая процедура. Недельный, двухнедельный или иной ресурс времени причалов терминала представляется в виде матрицы традиционного диспетчерского графика, по вертикали которого отложены в масштабе длины причалов, а по горизонтали – дни недели. На рис. 2.41 показано начальное состояние матрицы загрузки двух причалов различной длины (прямоугольники различного цвета) для двухнедельного модуля расписания (нечётная и чётная недели).

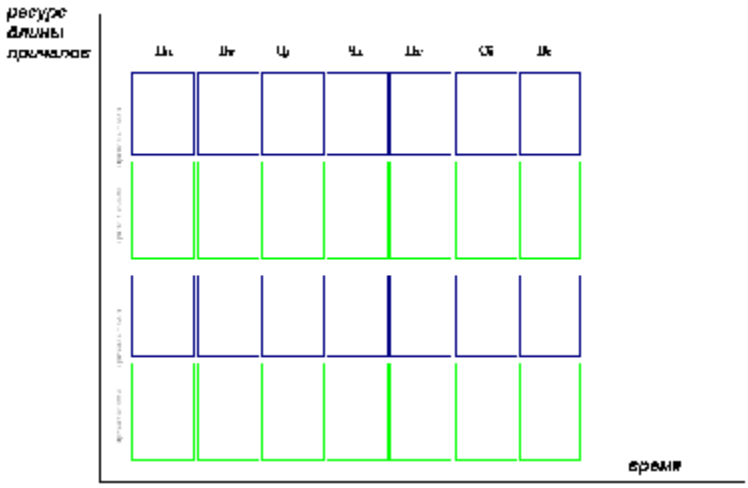


Рис. 2.41. Начальная матрица графика судозаходов

Каждый прямоугольник в ряду имеет высоту, равную длине соответствующей причальной стенки и длину по горизонтали, соотвествующую суткам – 24 ч.

Суда, которые должны зайти в порт, представляются прямоугольниками, высота которых соответствует занимаемой судном длине причала, а ширина – продолжительности стоянки судна у причала (рис. 2.42).

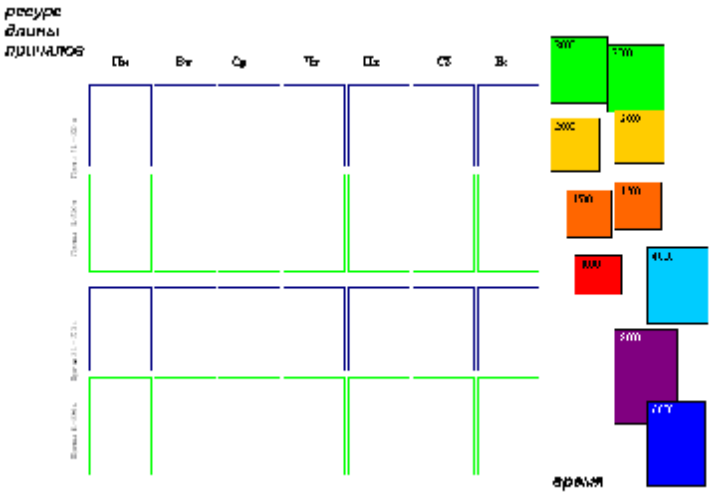


Рис. 2.42. Матрица графика судозаходов с судами, требующими распределения

Суда, заходящие каждую неделю, представлены двумя прямоугольниками. Суда, заходящие раз в две недели – одним. Каждый из этих прямоугольников, отображающих судно, должен быть размещен на сетке графика. Один из возможных сгенерированных вариантов расписания показан на рис. 2.43.

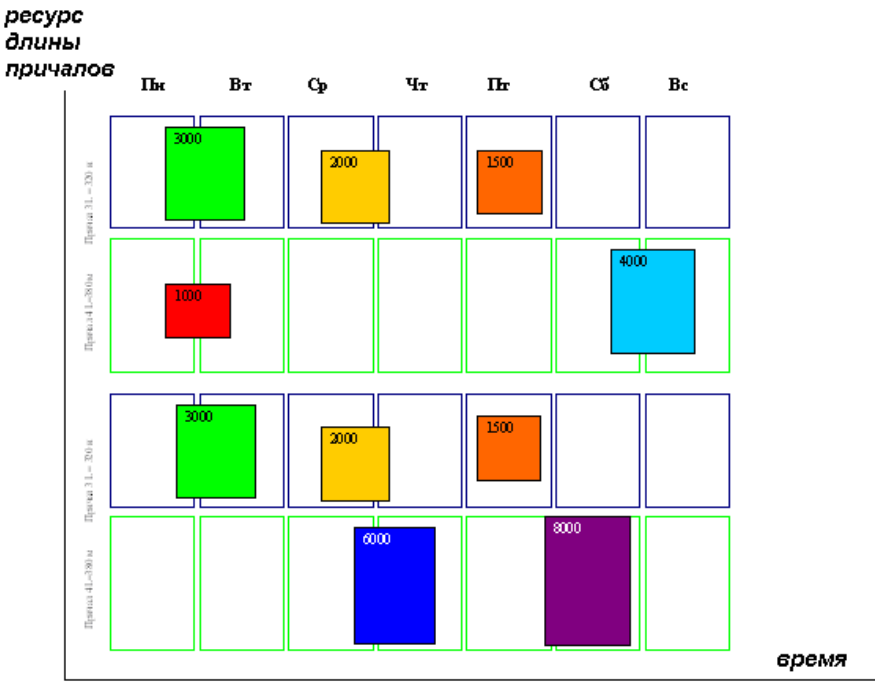


Рис. 2.43. Пример сценария судозаходов

Подобный механизм генерации покрытия пространства временного бюджета причалов совокупностью прямоугольников, соответствующих заданному грузопотоку и варианту распределения судов, позволяет легко вводить неравномерности и флуктуации, связанные с прибытием и обслуживанием судов у причального фронта.

В этой интерпретации вариации расписания задаются параметрами генерации покрытия (плотностью и равномерностью прямоугольников на пространстве временного бюджета), различия судов – параметрами порождающей функции высоты соответствующих прямоугольников, вариации времени обслуживания вследствие девиаций интервалов вспомогательных операций и производительности оборудования – изменением параметров функции распределения длин прямоугольников.

Многократное статистически достоверное повторение опытов позволяет сформировать оценки законов распределения параметров, по сути, не отличающихся от получаемых методами теории массового обслуживания, однако обходящими указанные выше ограничения, свойственные последним.

Следует отметить, что описанная в этом разделе идея методики генерации сценариев используется и для составления сценариев прибытия-убытия наземных транспортных средств.

Далее каждый сгенерированный сценарий служит основой для проведения анализа по одной из методик, описываемых в следующих двух разделах.

Общие методы анализа сгенерированных сценариев

Для простоты изложения вначале рассмотрим одно (экспортное) направление работы порта. Время будем представлять дискретными интервалами, задаваемыми последовательными номерами $k = 0, 1, 2, \ldots$.

Введем следующие обозначения:

x_k – количество убывающего груза, погруженного на судно в интервал k;

y_k – количество прибывающего груза, завезенного по земле в интервал k;

s_k – изменение объема склада в конце интервала k.

Очевидно, что $s_k = y_k – x_k$. Обозначения иллюстрирует рисунок 2.44.

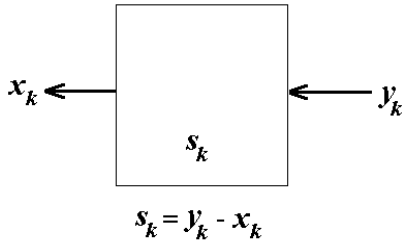


Рис. 2.44. Обозначения переменных, описывающих терминал

При этом если $y_k > x_k$, то объем склада увеличивается на величину $y_k–x_k$, а если $y_k < x_k$, то объем склада уменьшается на величину $x_k–y_k$. Поскольку меняющиеся во времени дискретные величины *x, y* и *s* связаны одним уравнением, любые две из них могут быть выбраны как независимые переменные. Закон изменения третьей величины будет однозначно определяться поведением двух других.

Это позволяет предложить два основных варианта постановки задачи анализа экспортного терминала.

Вариант 1. Заданы законы поведения величин *x* и *y*, требуется определить поведение величины *s*.

Вариант 2. Заданы законы поведения величин *x* и s, требуется определить поведение величины *y*.

Рассмотрим последовательно эти два варианта решения задачи.

Анализ терминала при заданных законах поступления и вывоза груза

Пусть нам известны законы изменения величин x и y, т. е. для любого интервала времени *k* мы знаем (или можем вычислить) значения y_k и x_k, как это показано на рис. 2.45.

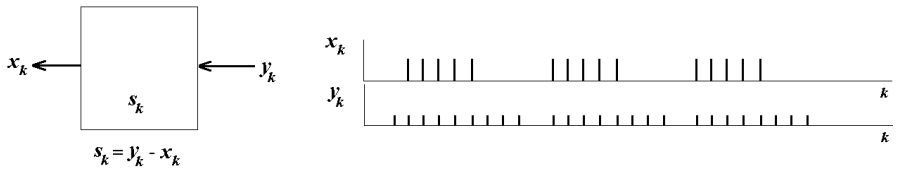


Рис. 2.45. Задание входных и выходных потоков

В этом случае уравнение $s_k = y_k–x_k$ дает нам динамику изменения объема склада после каждого интервала времени k. Знак s_k определяет направление изменения объема (рост или уменьшение), абсолютное значение – величину изменения. Для наглядности будем использовать не сами значения величин y_k и x_k, а их накапливаемые суммы Y_k и X_k (рис. 2.46).

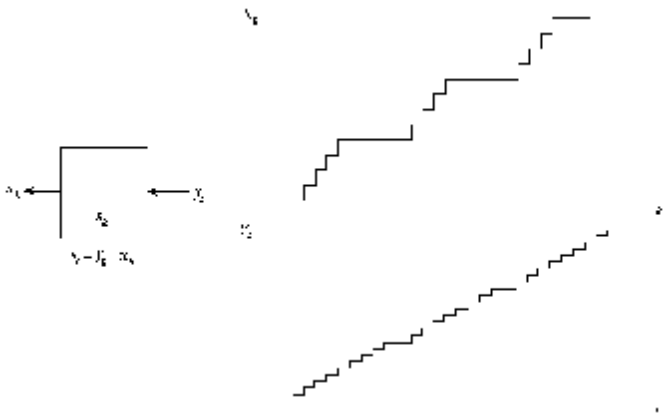


Рис. 2.46. Накапливаемые значения объема входных и выходных потоков

Это позволяет совместить на одном графике кривые входящих и исходящих потоков (рис. 2.47).

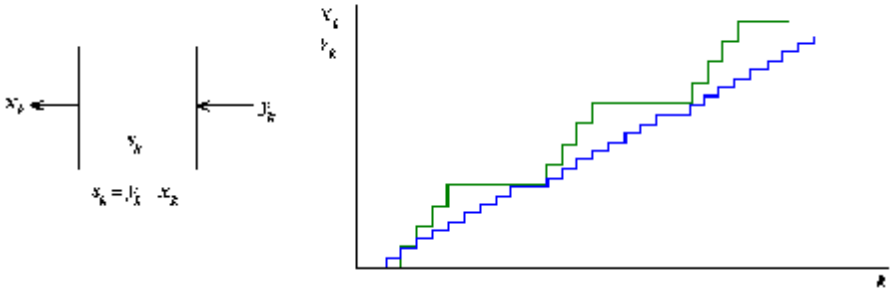


Рис. 2.47. Совмещенные значения объёма входных и выходных потоков

Разность величин Y_k и X_k позволяет получить искомую функцию поведения склада s_k (рис. 2.48).

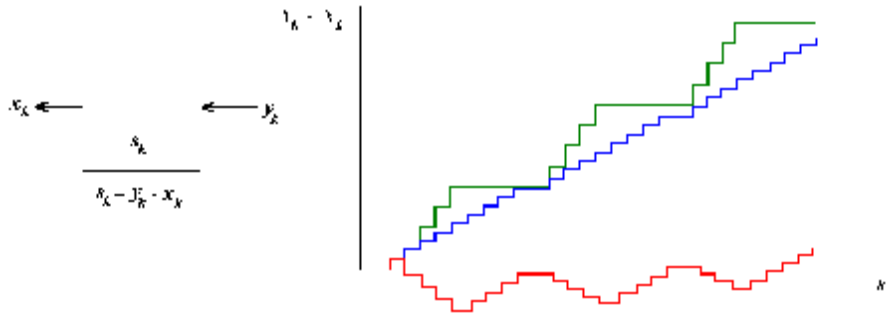


Рис. 2.48. Изменение объема хранения как разность объемов входных и выходных потоков

Эта зависимость представляет собой частное решение разностного уравнения $s_k = y_k – x_k$. Другого по форме закона изменения объема склада быть не может, поскольку каждое значение определяется разностью поступившего и покинувшего терминал количества груза (рис. 2.49).

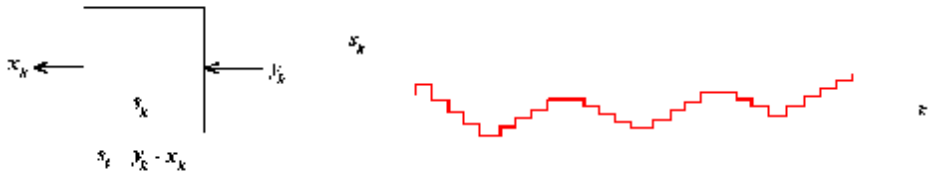


Рис. 2.49. Изменение объема хранения как частное решение уравнения

В то же время, разные начальные значения s_0 (соответствующие исходному объему склада в рассматриваемый период T) позволяют получить целые семейства кривых, каждая из которых является решением разностного уравнения $s_k = y_k – x_k$ при разных начальных условиях (рис. 2.50).

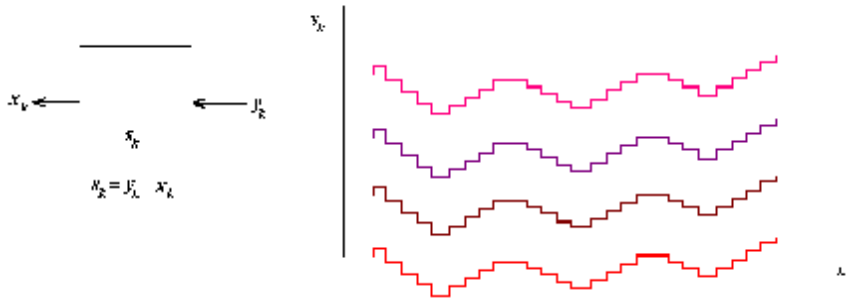


Рис. 2.50. Возможные объемы хранения как общее решение уравнения

Из этого можно сделать важный вывод: поведение объема склада на терминале характеризуется двумя компонентами. Первая из них отражает несоответствие временных и амплитудных характеристик потоков ввоза и вывоза грузов. Вторая компонента характеризует задержку вывоза груза по отношению к завозу.

Действительно, для всех кривых полученного семейства (дающего общее решение уравнения) соотношение поступающего и покидающего терминал груза будет одинаково, но покидает терминал в каждом случае разный груз, который хранился на терминале большее или меньшее время.

Минимальный размер склада s_{min} должен обеспечивать достаточное количество груза для исключения дефицита при вывозе. Это значение определяется размахом по вертикальной оси r полученного частного решения для s_k. Это показано на рис. 2.51.

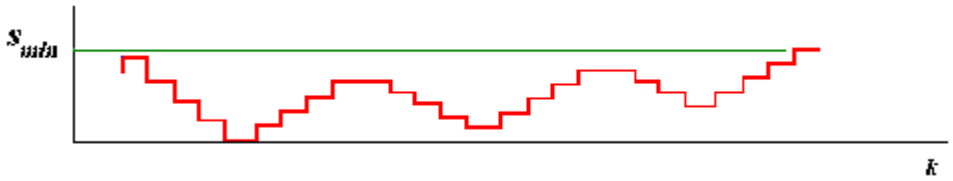


Рис. 2.51. Нахождение минимально возможного размера склада

Если максимальный объем склада s_{max} ограничен внешними причинами (доступной площадью, высотой складирования, допустимой нагрузкой и пр.), то область допустимых решений соответствующим образом

ограничивается. Это показано на рис. 2.52.

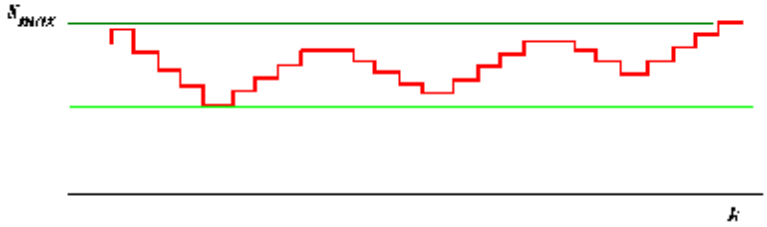


Рис. 2.52. Нахождение максимально возможного размера склада

Иными словами, ограничение объема склада отбрасывает те решения, которые выходят за это ограничение.

Несмотря на то, что теоретически это определяется допустимой границей выбора начальных условий s_o, практическим способом обеспечить соблюдение этого ограничения является задание максимального среднего срока хранения груза на терминале.

Площадь под самой высокой кривой изменения объема склада, еще обеспечивающей выполнение ограничения на размер, характеризует объем «складо-суток» хранения и позволяет определить средний объем груза $E_{сред}$ на терминале за весь диапазон анализа T. Поскольку нам известно количество груза Q, проходящего через терминал за это время, допустимый средний срок хранения $T_{хр}$, обеспечивающий выполнение указанного выше условия, определяется соотношением $T_{хр} = E_{сред}T/Q$.

С достаточной для практики точностью можно предложить и следующий метод расчета: определить размах r кривой частного решения s_k, получить допустимый для функции хранения объем склада как $E_{доп} = s_{max}–r$ и рассчитать допустимый срок хранения $T_{хр} = E_{доп}T/Q$.

На стадии проектировании и планирования работы терминала обычно не имеется конкретных расписаний прибытия судов и наземного транспорта, равно как и точных характеристик вместимости транспортных средств. Тем не менее, общие представления о судах и характере организации их движения могут быть сформулированы либо заказчиком, либо самим проектантом. Это позволяет проводить различные эксперименты с моделью, задавая различные варианты входных и выходных потоков, реализующих выбранный грузопоток через терминал.

Статистически достаточный объем проведенных испытаний дает возможность приближать искомые результаты с любой требуемой точностью.

2.6. Описание дифференциальной методики

Расписание подхода судов задается путем заполнения граф электронных таблиц, пример которых дает табл. 2.8.

Таблица 2.8.

Пример формирования исходных данных для расчета
(экранная форма)

Q год =	*4 000 000*							
Тип судна	**L суд**	**L шв**	**Вместимость**	**Кимп**	**Кэксп**	**Доля судозаходов**	**К-во линий**	**Произв.**
СКН	**м**	**м**	**т**			**%**	**ед.**	**т/ч/лин**
СН-10	100	10,0	10000	0,0	1,0	0	1	470
СН-20	125	12,5	20000	0,0	1,0	0	1	470
СН-30	140	14,0	30000	0,0	1,0	0	2	470
СН-40	160	16,0	40000	0,0	1,0	0	2	470
СН-50	225	22,5	50000	0,0	1,0	0	3	470
СН-60	210	21,0	68400	0,0	1,0	100	2,4	620
СН-70	300	30,0	70000	0,0	1,0	0	3	470
СН-80	310	31,0	80000	0,0	1,0	0	4	470
СН-90	330	33,0	90000	0,0	1,0	0	4	470
						100		
Длина причального фронта	м	265,0						
Удельный погрузочный объем		1,0						
Вместимость наземного транспорта		60,00						
Время вспомг.операций	час	4						
Рассматриваемый период	дней	30						
Величина временного окна	час	24						
Размер окна	сут	1						

Заполнение таблиц позволяет по разработанному алгоритму, соответствующему Нормам технологического проектирования морских портов, автоматически рассчитать характеристики требуемого судопотока для прямой или обратной задач проектирования (см. табл. 2.9):

Таблица 2.9

Пример формирования исходных данных (продолжение)

Q год =	4 000 000		L пр =	265						
Тип судна	Вместимость	V имп	V эксп	V оборота	Доля судозаходов	Число судозаходов	Расчетные судозаходы	Рекомендуемые судозаходы	Назначенные судозаходы	Назначенный грузопоток
СКН	т	т	т	т	%	судов/год	судов/период	судов/период	судов/период	TEU/год
СН-10	10 000	0	10 000	10 000	0	0	0,0	0,0	0,0	0
СН-20	20 000	0	20 000	20 000	0	0	0,0	0,0	0,0	0
СН-30	30 000	0	30 000	30 000	0	0	0,0	0,0	0,0	0
СН-40	40 000	0	40 000	40 000	0	0	0,0	0,0	0,0	0
СН-50	50 000	0	50 000	50 000	0	0	0,0	0,0	0,0	0
СН-60	68 400	0	68 400	68 400	100	58	4,8	5,0	5,0	4 161 000
СН-70	70 000	0	70 000	70 000	0	0	0,0	0,0	0,0	0
СН-80	80 000	0	80 000	80 000	0	0	0,0	0,0	0,0	0
СН-90	90 000	0	90 000	90 000	0	0	0,0	0,0	0,0	0
						58			5	4 161 000

Рассчитываемые значения позволяют уже на предварительном этапе рассчитать точное значение коэффициента использования группы причалов (см. табл. 2.10):

Таблица 2.10

Расчет коэффициента занятости группы причалов (экранная форма)

Тип судна	К-во лини	Произв.	Произв.	Произв.	Тпогр	Тразгр	Твсп	Ti	Тбюдж
СКН	ед.	т/ч/лин	т/ч/лин	т/ч/судно	ч	ч	ч	ч	ч
СН-72	2.2	470	470	921.2	76.0	0.0	4.0	80.0	4,149.4
СН-10	1	470	470	470.0	21.3	0.0	4.0	25.3	11,801.0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Тип судна	L суд	L шв	Li	ni * Li * Ti
СКН	м	м	м	ч*м
СН-72	200	20.0	220.0	912,861.2
СН-10	175	17.5	192.5	2,271,694.5
	0	0.0	0.0	0.0
	0	0.0	0.0	0.0
	0	0.0	0.0	0.0
	0	0.0	0.0	0.0
	0	0.0	0.0	0.0
	0	0.0	0.0	0.0
	0	0.0	0.0	0.0
			T*L треб:	3,184,555.8
			T*L прич =	10,695,960

К исп = 0.298

Далее автоматически рассчитывается количество судозаходов, реализующих заданный или подбираемый грузопоток, и разработчику предлагается сформировать тот или иной вариант расписания судозаходов в рамках выбранного временного модуля (неделя, две недели, месяц или иной срок).

Задача формирования модуля расписания сводится к расстановке нужного числа прямоугольников, каждый из которых соответствует обработке судна того или иного типа, в прямоугольном окне, представляющем пространственно-временной ресурс группы причалов, как это показывает табл. 2.11:

Таблица 2.11

Формирование модуля расписания (экранная форма)

Тип судна	К-во лини	Произв.	Произв.	Произв.	Тпогр	Тразгр	Твсп	Ti	Тбюдж
СКН	ед.	т/ч/лин	т/ч/лин	т/ч/судно	ч	ч	ч	ч	ч
СН-10	1	470	470	470,0	21,3	0,0	4,0	0,0	0,0
СН-20	1	470	470	470,0	42,6	0,0	4,0	0,0	0,0
СН-30	2	470	470	846,0	35,5	0,0	4,0	0,0	0,0
СН-40	2	470	470	846,0	47,3	0,0	4,0	0,0	0,0
СН-50	3	470	470	1222,0	40,9	0,0	4,0	0,0	0,0
СН-60	2,4	620	620	1314,4	52,0	0,0	4,0	56,0	3 277,1
СН-70	3	470	470	1222,0	57,3	0,0	4,0	0,0	0,0
СН-80	0	470	470	94,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0
СН-90	0	470	470	94,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0

Тип судна	L суд	L шв	Li	ni * Li * Ti
СКН	м	м	м	ч*м
СН-10	100	10,0	110,0	0,0
СН-20	125	12,5	137,5	0,0
СН-30	140	14,0	154,0	0,0
СН-40	160	16,0	176,0	0,0
СН-50	225	22,5	247,5	0,0
СН-60	210	21,0	231,0	757 017,4
СН-70	300	30,0	330,0	0,0
СН-80	310	31,0	341,0	0,0
СН-90	330	33,0	363,0	0,0
			T*L треб:	757 017,4
			T*L прич =	2 321 400

К исп = 0,326

Выполнение операций контролируется алгоритмически, что позволяет избежать пропуска судов, указания неправильных интервалов подхода, превышения мощности обработки и пр.

Профиль работы наземного грузового фронта в общем виде задается указанием неравномерностей по отдельным временным окнам, как это иллюстрирует табл. 2.12:

Таблица 2.12

Задание неравномерности наземного транспорта

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс				
20	10	20	20	20	10	0		100	%	
1	2	3	4							
20	30	20	30					100	%	

Полученный общий профиль далее может быть скорректирован для каждого отдельного интервала времени.

В соответствии с описанным алгоритмом, задание этих величин позволяет получить кривые прибытия и убытия грузов (см. рис. 2.53).

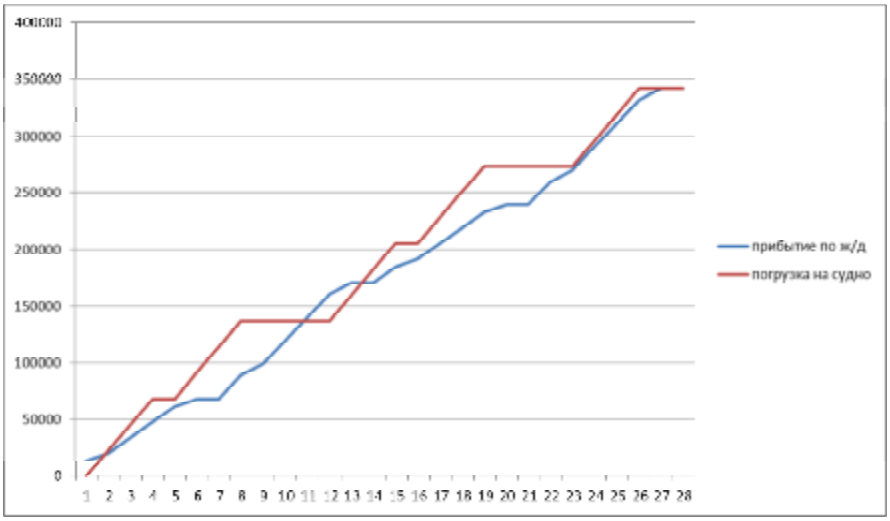


Рис. 2.53. Графики изменения объемов груза

На основании этого строится частное решение разностного уравнения, описывающего поведение склада при любых начальных условиях (рис. 2.54).

Рис. 2.54. Форма изменения объемов склада

Следующим этапом является нахождение допустимой величины срока хранения. С этой целью производится варьирование начальных условий, что отражается на смещении полученной кривой по вертикали. При этом может быть либо задан средний срок хранения, по которому высчитывается требуемый максимальный уровень объема склада, или задан максимальный уровень склада, по которому определяется допустимый срок хранения. Это соответствует решению прямой и обратной задачи технологического проектирования для данного элемента (рис. 2.55).

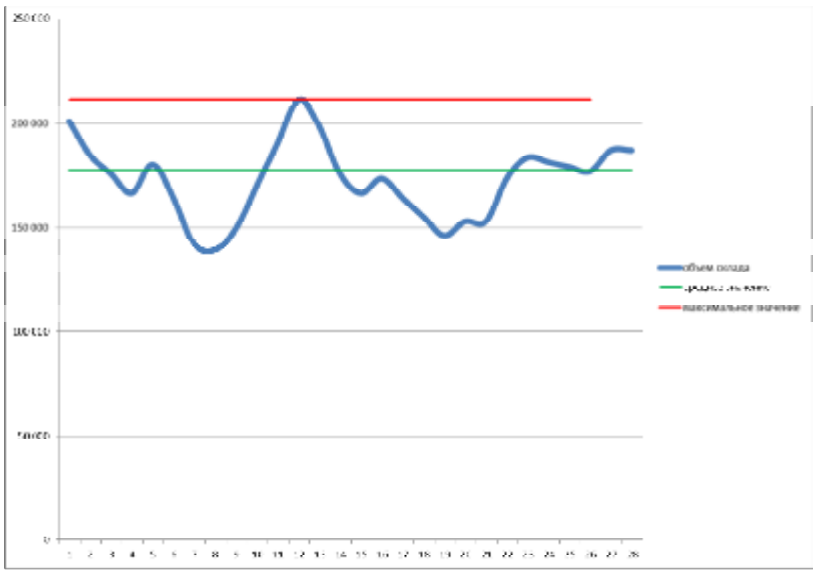


Рис. 2.55. Расчет объема склада как нахождение общего решения

На рисунке показано изменение объема склада при среднем сроке хранения 15 сут. Для этого варианта расписания зависимость максимального объема склада показана на рис. 2.56.

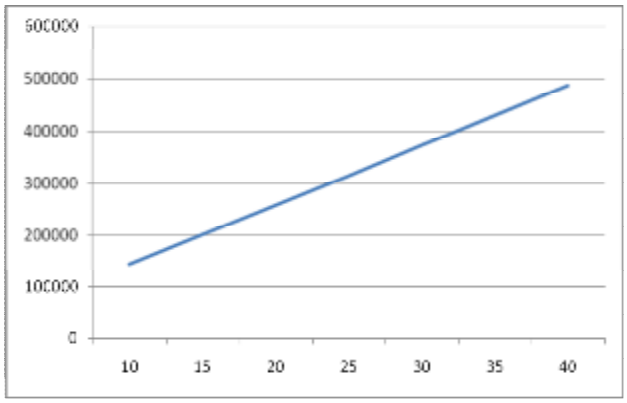


Рис. 2.56. Пример оценки объема склада для варианта расписания

Для вынесения более точного решения о максимальном размере склада строятся так же кривые распределения значения объема склада и частоты наблюдаемых для данного варианта расписания значений (см. рис. 2.57 и 2.58).

Рис. 2.57. Функция распределения частоты значений объема склада

Рис. 2.58. Функция частоты значений объема склада

2.7. Анализ терминала при фиксированных параметрах формирования грузовых партий

Пусть нам, как и в первом варианте, известны общие представления о судах и характере организации их движения. Описание выходного потока в этом случае полностью идентично первому варианту. Описание склада формируется косвенным образом, за счет задания временных характеристик обработки каждой судовой партии, связанной с расписанием реализации этого потока.

Каждая судовая партия в общем случае характеризуется определенным набором временных параметров (рис. 2.59).

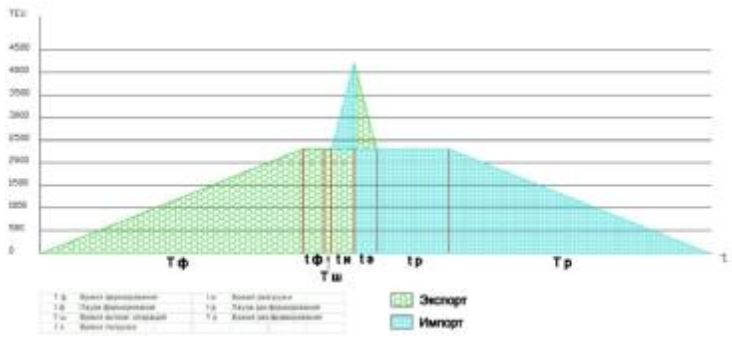


Рис. 2.59. Параметры формы графика хранения судовой партии

Для оценки кумулятивного эффекта от накопления судовых партий в пределах выбранного интервала времени необходимо учитывать все партии, так или иначе оказывающие влияние на состояние терминала в этом интервале. Конкретное положение той фигуры на временной оси и ее временные параметры меняются в произвольном диапазоне, что делает выполнение этой задачи достаточно сложным. Для этого предложен следующий метод.

Постановка судна к причалу является некоторым синхронизирующим моментом для процессов формирования экспортной и расформирования импортной партии груза. Для калькуляции кумулятивных накоплений все судовые партии формируются как результат подстановки конкретных значений параметров в обобщенный профиль судовой партии, и полученная фигура переносится во временной оси в требуемую точку, определяемую моментом постановки судна к причалу.

Все, что происходит после момента швартовки судна – выполнение вспомогательных операций, разгрузка импорта, погрузка экспорта, оформление вывоза, расформирование судовой партии – отсчитывается от этого момента времени, условно принимаемого за точку $t = 0$. Следовательно, все изменение параметров будут характеризоваться их лишь их масштабным изменением.

Происходящие до швартовки судна процессы – накопление судовой партии, пауза в ожидании подхода судна, вспомогательные операции – происходят во времени, отсчитываемом от момента $t = 0$ в обратном направлении, т. е. в отрицательных величинах (рис. 2.60).

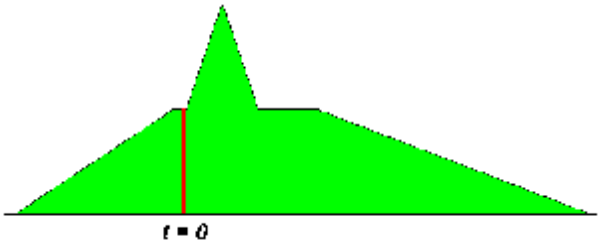


Рис. 2.60. Привязка эпюры партии к началу отсчёта

Чтобы исключить неудобства, связанные с необходимостью обеспечить возможность неограниченного значения параметров в обоих направлениях относительно t = 0, судовая партия разбивается на предшествующую и последующую за судозаходом части, хранимые в осях абсолютного возрастания времени (рис. 2.61).

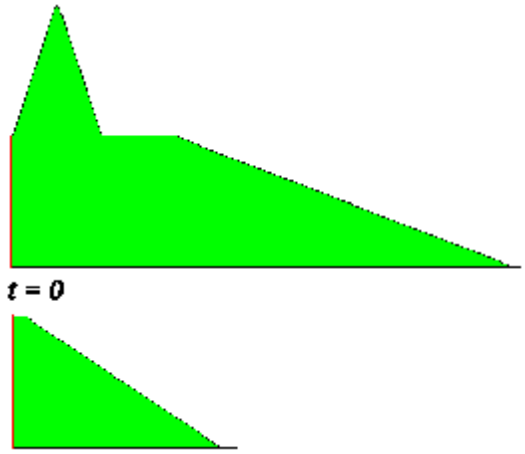


Рис. 2.61. Направления осей времени относительно начала отсчета

Методическим допущением здесь является регулярность расписания, что приводит к его повторяемости на протяжении того или иного временного интервала – неделя, две недели, декада и пр. Это допущение позволяет привести эффект действия всех партий от одного выбранного судна, осуществляемого в определенный момент выбранного интервала, как показано на рис. 2.62.

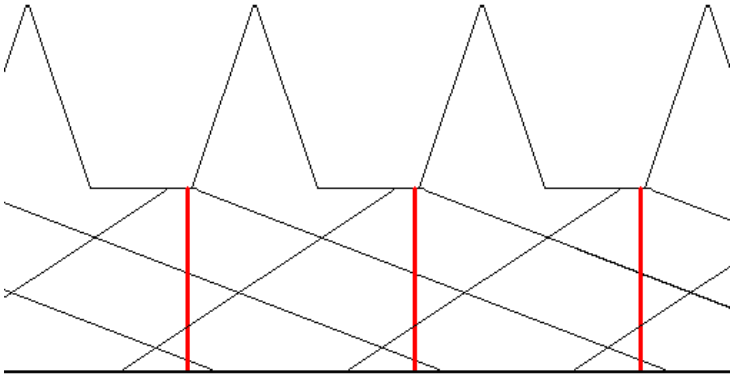


Рис. 2.62. Разбиение эпюры судовой партии на интервалы анализа

При формировании эталонного судозахода предполагается, что момент швартовки судна приходится в начало выбранного интервала времени. В этом предположение оказывается возможным построить суммарный график влияния одного судозахода, в проекции на заданный временной интервал (рис. 2.63).

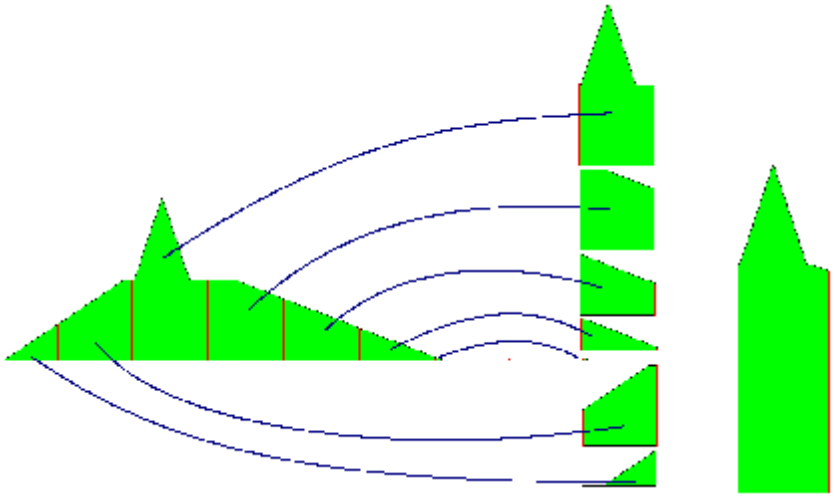


Рис. 2.63. Приведение эпюры судовой партии к интервалу анализа

Смещение дня постановки судна к причалу относительно начала временного интервала приводит к циклическому преобразованию формы эталонной кривой в границах этого интервала (рис. 2.64).

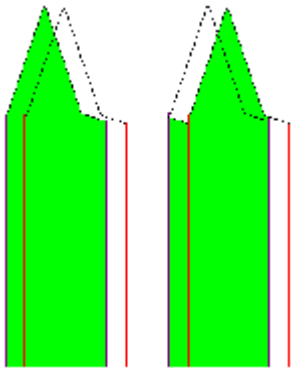


Рис. 2.64. Сдвиг эпюры судовой партии относительно начала интервала анализа

Для аналитического преобразования, соответствующего циклическому изменению формы кривой, в работе используются операции свертки. Последовательность действий для получения суммарной картины грузопотока такова. Вначале производится формирование эталонных графиков партий, приведенных к заданному рассматриваемому интервалу расписания. При этом постановка судна к причалу предполагается осуществляемой в первые сутки. После этого, с учетом анализируемого варианта расписания, производится смещение даты захода для данного судна в нужные сутки интервала с преобразованием приведенных к интервалу графиков.

После того, как для каждого судозахода эффект действия приведен к единому временному интервалу с учетом положения каждого судозахода относительно начала интервала, искомое поведение расчетных величин становится аддитивным и получается суммированием всех отдельных величин, составляющий расчетный грузопоток (рис. 2.65).

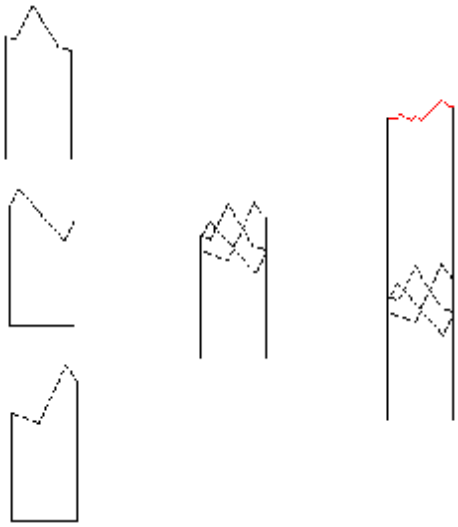


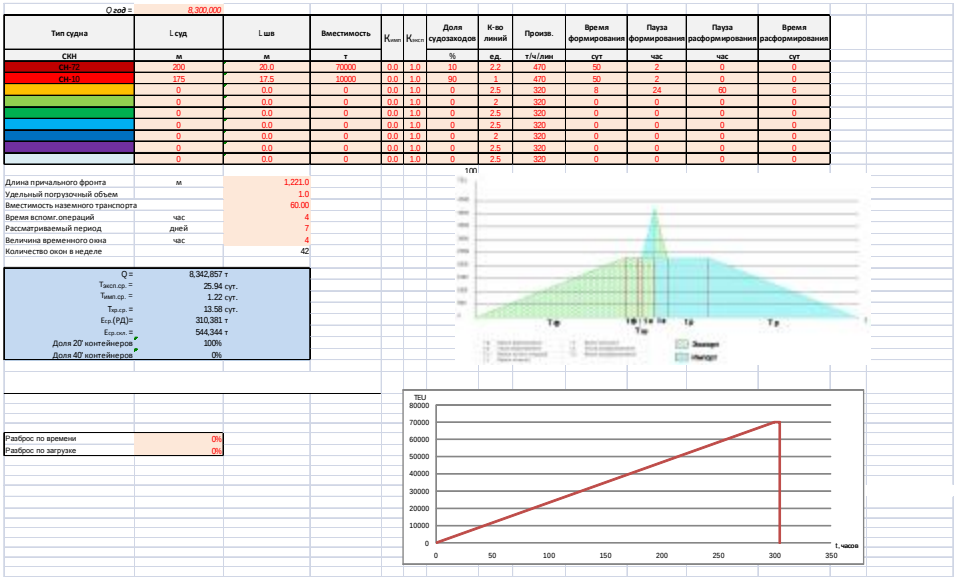
Рис. 2.65. Сведение эпюр судовой партии на интервале анализа

2.8. Описание интегральной методики

Расписание подхода судов задается точно таким же способом, как и для модели 1, т. е. путем заполнения таких же электронных таблиц (см. табл. 2.13Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**.1).

Таблица 2.13.

Задание параметров морского транспорта (экранная форма)



Q год =	8,300,000											
Тип судна	L суд	L шв	Вместимость	$K_{инт}$	$K_{инсп}$	Доля судозаходов	К-во линий	Произв.	Время формирования	Пауза формирования	Пауза расформирования	Время расформирования
СКН	м	м	т			%	ед.	т/ч/лин	сут	час	час	сут
СН-72	200	20.0	70000	0.0	1.0	10	2.2	470	50	2	0	0
СН-10	175	17.5	10000	0.0	1.0	90	1	470	50	2	0	0
	0	0.0	0	0.0	1.0	0	2.5	320	8	24	60	6
	0	0.0	0	0.0	1.0	0	2	320	0	0	0	0
	0	0.0	0	0.0	1.0	0	2.5	320	0	0	0	0
	0	0.0	0	0.0	1.0	0	2.5	320	0	0	0	0
	0	0.0	0	0.0	1.0	0	2	320	0	0	0	0
	0	0.0	0	0.0	1.0	0	2.5	320	0	0	0	0
	0	0.0	0	0.0	1.0	0	2.5	320	0	0	0	0

Длина причального фронта	м	1,221.0
Удельный погрузочный объем		1.0
Вместимость наземного транспорта		60.00
Время вспомг.операций	час	4
Рассматриваемый период	дней	7
Величина временного окна	час	4
Количество окон в неделе		42

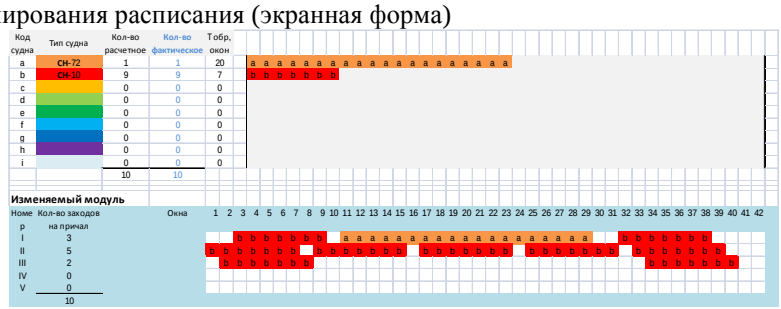
Q =	8,342,857 т
$T_{исп.ср.}$ =	25.94 сут.
$T_{инт.ср.}$ =	1.22 сут.
$T_{пр.ср.}$ =	13.58 сут.
$E_{ср.}$(РД)=	310,381 т
$E_{ср.окн.}$ =	544,344 т
Доля 20' контейнеров	100%
Доля 40' контейнеров	0%

Разброс по времени	0%
Разброс по загрузке	0%

На экране отражаются не только обобщенные эпюры судовых партий для судов, но и конкретные их характеристики, соответствующие заданным значениям. Модуль составления расписания полностью аналогичен используемому в предыдущей модели (см. табл. 2.14).

Таблица 2.14.

Модуль формирования расписания (экранная форма)



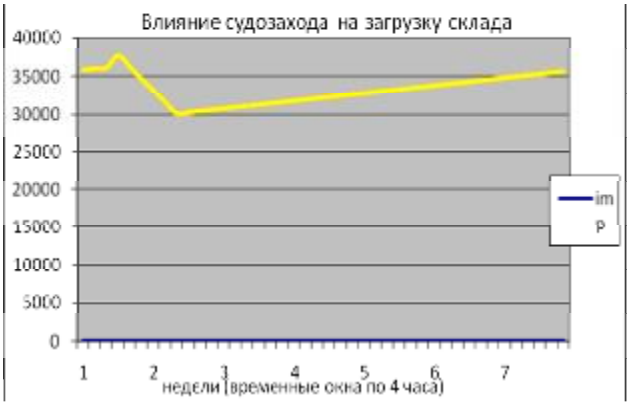
Код судна	Тип судна	Кол-во расчетное	Кол-во фактическое	Тобр. окон
a	СН-72	1	1	20
b	СН-10	9	9	7
c		0	0	0
d		0	0	0
e		0	0	0
f		0	0	0
g		0	0	0
h		0	0	0
i		0	0	0
		10	10	

Изменяемый модуль

Номер	Кол-во заходов на причал
I	3
II	5
III	2
IV	0
V	0
	10

Окна 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42

В соответствии с описанным выше алгоритмом формируются графики судовых партий, спроецированные на рассматриваемый интервал, и выполняется размещение их на временном модуле в соответствии с выбранным вариантом расписания (рис. 2.66).



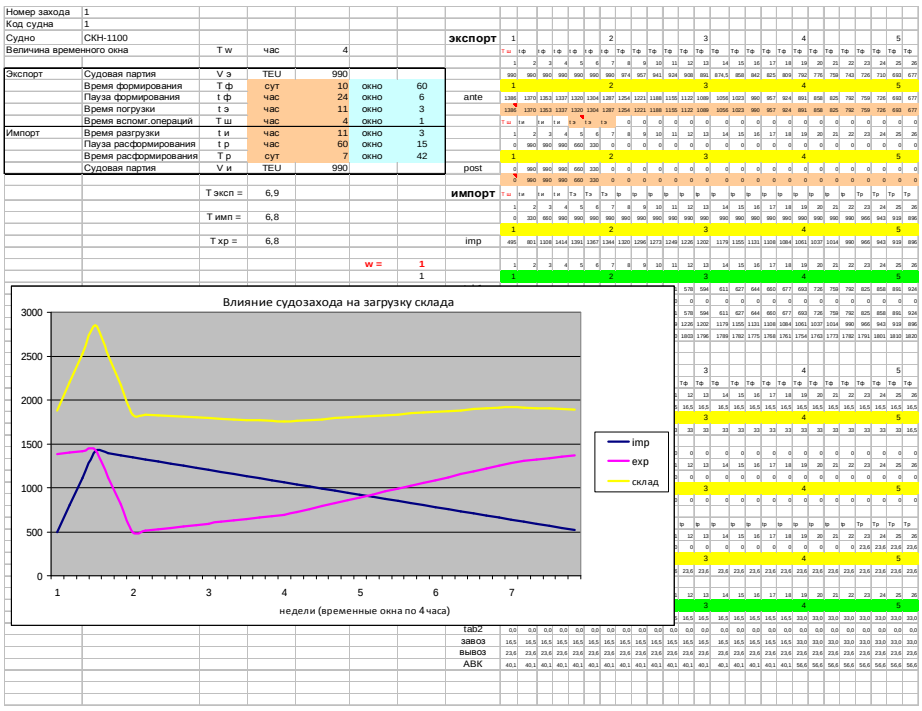


Рис. 2.66. Сведение эпюры судовой партии на интервал анализа (экранная форма)

Основным результатом, как и в предыдущем варианте анализа, является получение суммарной кривой изменения объема склада (рис. 2.67).

Рис. 2.67. Динамика изменения объема склада на интервале анализа

Кроме того, алгоритм работы позволяет рассчитать закон изменения связанной переменной, характеризующий требуемый закон завоза груза на терминал, позволяющий реализовать расписание прихода судов и обеспечить требуемые значения параметров формирования судовых партий (рис. 2.68).

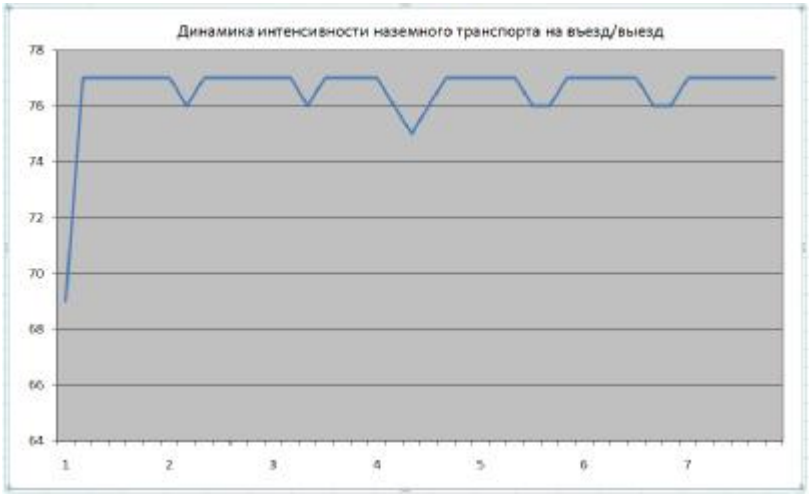


Рис. 2.68. График интенсивности поступления наземного транспорта

Как и в предыдущем варианте, одним из результатов является функция распределения значений загрузки склада, позволяющая выносить осознанные решения о выборе максимальных значений (рис. 2.69).

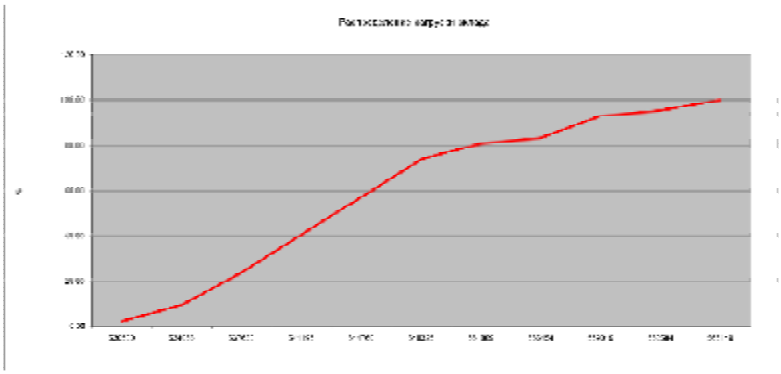


Рис. 2.69. Функция распределения частоты значений объема склада

2.9. Методика анализа, основанная на имитационном моделировании

Общая характеристика методов имитационного моделирования

Предложенная методика динамического расчета технологических параметров вначале была проверена на адекватность путем сравнения ее с калибровочными значениями, получаемыми методом традиционного статического расчета. Полученное совпадение результатов (для регулярных интервалов прибытия и одинаковых значений объемов партий) позволило сделать вывод о корректности работы заложенных в модель механизмов и подтвердить предположение об адекватности модели.

Для более точного и полного установления факта адекватности была создана агентная имитационная модель морского терминала.

Особенностью данной модели явилась возможность структурной и параметрической параметризации, что позволяет сочетать все преимущества современного агентного подхода к имитационному моделированию с адаптивностью и универсальностью традиционного математического моделирования.

С помощью созданной платформы имитационного моделирования, названной AnyPortLogic, были выполнены статистически репрезентативные эксперименты по имитационному моделированию различных генерируемых произвольным образом проектных вариантов. Было произведено сравнение с аналогичными результатами, полученными предлагаемыми методиками анализа с помощью генерации сценариев.

Исходя из технического задания на разработку вариантов перегрузки на экспорт железорудного сырья на территории терминала ООО «БМТ» в порту Усть-Луга, с помощью имитационного моделирования необходимо провести исследование влияния на пропускную способность МГФ и склада изменений следующих параметров:

– дедвейтов судов;

– дисциплины подхода судов;

– интенсивности погрузочных операций;

– сроков хранения груза.

В качестве основного расчетного судна заказчиком предложено принять судно класса «Panamax» дедвейтом 72 тыс. т. Таким образом, для более полной картины исследования следует провести серию модельных экспериментов, имеющих цель исследовать влияние размера партии на эксплуатационные показатели терминала.

Исходя из глубин подходного канала (18,0 м) и у причальной стенки (15,45 м) терминал не может обслуживать суда, осадка которых в полном грузу превышает значение 14 м. Максимальным судном класса «Panamax» является судно, аналогичное датскому балкеру «Linda Oldendorff» 1995 г. постройки с дедвейтом 75,1 тыс. т и осадкой в полном грузу 14,3 м. Таким образом, для расширения спектра значений судовых партий были выбраны значения дедвейта судов в 30 и 50 тыс. т, кроме расчетного типа 72 тыс. т.

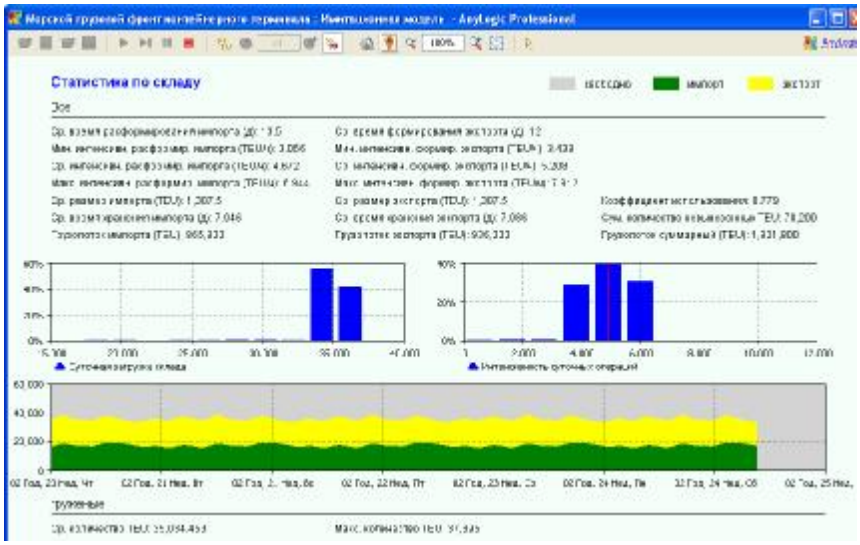


Рис. 2.70. Морской грузовой фронт контейнерного терминала. имитационная модель (экранная форма 1)

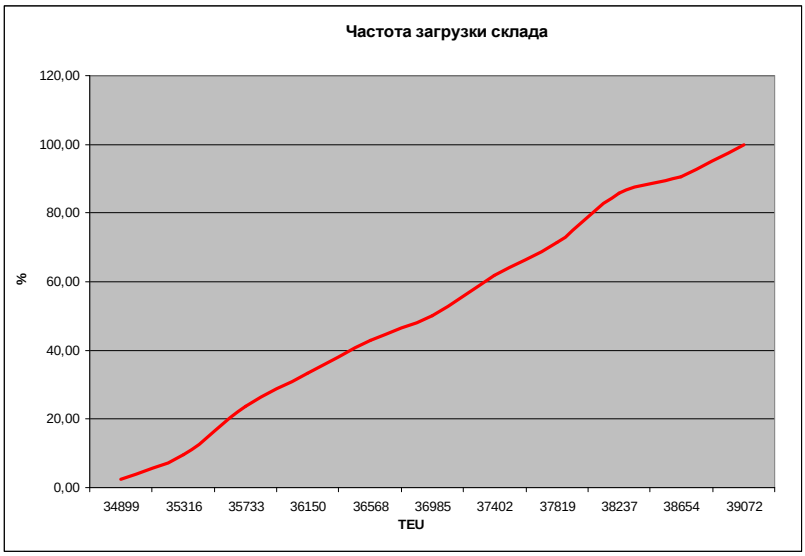


Рис. 2.71. График частоты загрузки склада

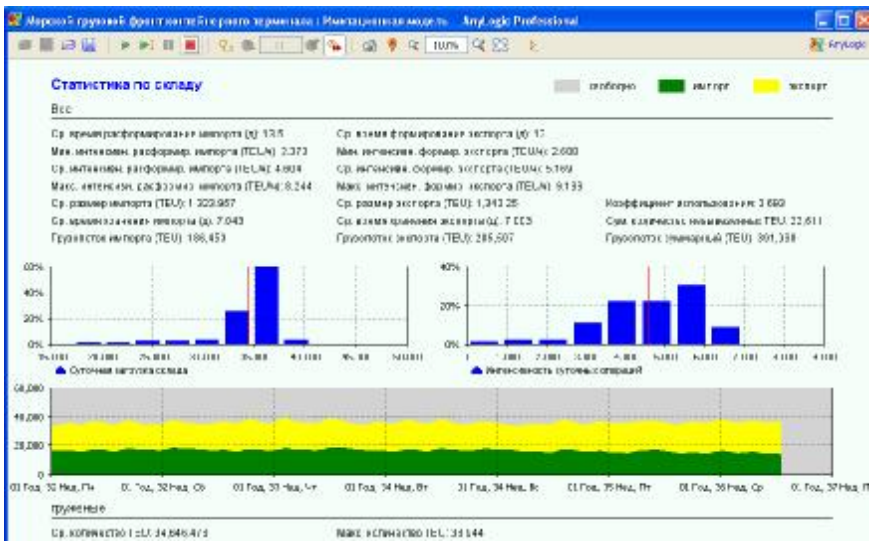


Рис. 2.72. Морской грузовой фронт контейнерного терминала. имитационная модель (экранная форма 2)

На рис. 2.70 – 2.72 показан результат имитационного моделирования с учетом вероятностных разбросов размеров судовых партий и производительности кранового оборудования (СКО 10 % от значения МО).

Результаты экспериментов с имитационной моделью

В данной модели принципиально могут быть исследованы следующие зависимости:

$$E = f_e(Q, T_{хр});$$
$$Q = f_q(E, T_{хр});$$
$$T_{хр} = f_t(E, Q).$$

Так как средний срок хранения обычно является коммерческой характеристикой груза, третья зависимость в технологическом проектировании большого практического смысла не имеет. Пример первой зависимости приведен на рис. 2.73, 2.74:

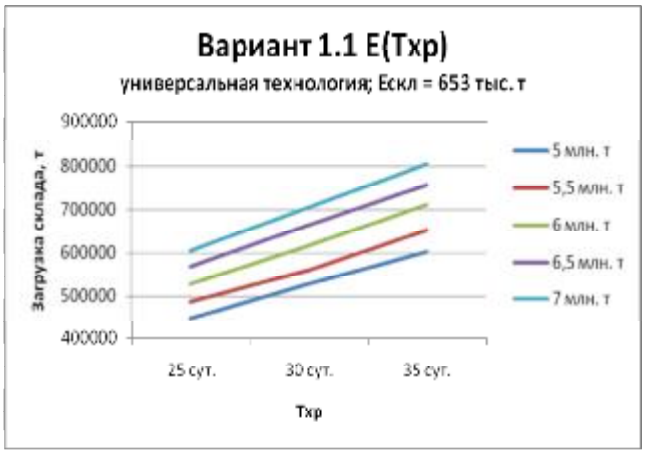


Рис. 2.73. Зависимость загрузки склада от времени хранения

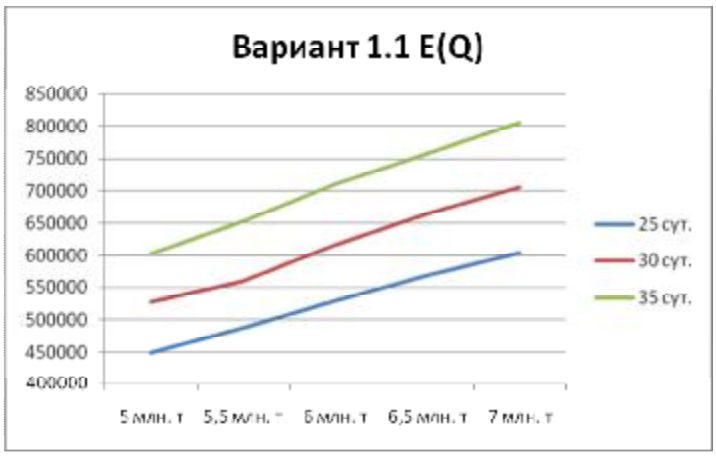


Рис. 2.74. Зависимость загрузки склада от объема переработки

Выводы и рекомендации

Архитектура системы, построенной программными средствами MS Excel, являлась лишь экспериментальным прототипом конечной экспертной системы поддержки принятия решений в процессе технологического проектирования контейнерных терминалов. Эксперименты, проведенные с помощью прототипа, и накопленный в результате их выполнения опыт позволил сформировать технические требования к структуре и архитектуре упомянутой системы.

Основные требования к архитектуре системы, создаваемой в виде программных модулей традиционного программного обеспечения, сформулированы в следующих положениях:

– в специализированной программной системе должно быть предусмотрено сохранение структуры принципиальных оконных интерфейсов, отражающих этапы процедуры проектирования методами сценариев;

– в системе должен быть реализован интерфейс, построенный по оконному принципу;

– система должна допускать возможность работы с несколькими проектами и их вариантами, т. е. предусматривать средства сохранения и возвращения к проекту;

– в системе должны быть предусмотрены средства контроля непротиворечивости и корректности исходных данных (например, предотвращение постановки в расписании нескольких судов в один оконный модуль, превышение модулем расписания годового объема, проверка разумных границ задаваемых параметров и пр.);

– система должна строиться по открытому модульному принципу, допускающему легкое изменение, модификацию и проверку адекватности работы;

– логика работы с программной системой должна вести пользователя через обязательные траектории процедуры проектирования, проверяя корректность и непротиворечивость данных на каждом этапе;

– система должна обладать развитыми средствами протоколирования, документирования и файлами подсказок;

– программная система должна иметь полное и исчерпывающее руководство пользователя и документацию, описывающую возможные ошибки;

– программной средой реализации должна быть любая система программирования, допускающая создание продукта, работающего под управлением среды WINDOWS;

– система должна пройти опытную эксплуатацию в профессиональной проектной организации и быть доработана с учетом замечаний и рекомендаций широкого круга пользователей.

Контрольные вопросы

1. Как оценивается среднее значение размера склада?
2. Как производится расчет пропускной способности морского грузового фронта?
3. Как определяется коэффициент занятости причалов?
4. Что такое «случайная величина»?
5. Что такое «закон распределения случайной величины»?
6. Что такое «математическое ожидание случайной величины»?
7. Охарактеризуйте известные законы распределения.

8. Какими параметрами характеризуется поток заявок в системе массового обслуживания?
9. Охарактеризуйте известные системы массового обслуживания.
10. Охарактеризуйте метод Монте-Карло.
11. Охарактеризуйте метод генерации сценариев.

3. СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЕ МОРСКОГО ПОРТА

3.1. Производственный и технологический процессы на морском транспорте

Производственный процесс на морском транспорте представляет собой транспортирование грузов и пассажиров морем на специальных транспортных средствах – морских транспортных судах – и включает три фазы: начальную – все операции с момента покупки пассажиром билета или предъявления грузов отправителем до момента отхода судна из порта; основную – перемещение судном грузов и пассажиров; конечную – все операции с момента прибытия судна в порт назначения до передачи грузов получателям и высадки пассажиров.

Все фазы производственного процесса, как и входящие в них операции, взаимосвязаны. В транспортном производственном процессе они последовательно сменяют друг друга. В их взаимосвязи выражается единство транспортного производственного процесса, осуществляемого флотом и морскими портами – основными производственными подразделениями морского транспорта. Каждая фаза – это совокупность операций, представляющая собой определенную законченную часть общего процесса транспортирования грузов средствами морского транспорта.

Производственный процесс на морском транспорте состоит из последовательных рейсов судов. Под рейсом понимается законченный производственный цикл перемещения грузов или пассажиров морским транспортным судном.

Целью перемещения грузов в порту является погрузка и разгрузка транспортных средств – судов, вагонов и грузовых автомобилей; это перемещение составляет производственный процесс перегрузочных работ.

Перегрузочными работами в порту называется весь комплекс операций по перемещению грузов с момента поступления их в порт и до отправки из порта.

Производственные процессы в порту совершаются по различным вариантам.

Вариантом называется перемещение груза по какому-нибудь одному производственному назначению – с целью погрузки или разгрузки судна, вагона, автомашины. Принято обозначать вариант двумя словами, из которых первое – начальное месторасположение груза, а второе – его конечное положение. Например, вариант судно–склад означает выгрузку груза из трюма судна на склад; вариант судно–вагон означает выгрузку груза из трюма судна в вагон. Всех основных вариантов в портах насчитывается 12 (табл. 3.1).

Все варианты перегрузочных процессов классифицируются по трем признакам – по производственному характеру; по характеру прохождения груза через порт; по способу выполнения.

По производственному характеру варианты разделяются на основные и дополнительные. Основными вариантами являются такие, которые связаны с погрузкой и разгрузкой судов. К ним относятся первые семь вариантов (см. табл. 3.1).

Таблица 3.1

Варианты перегрузочных процессов

№ п/п	Наименование варианта	Производственное назначение
1	Судно–склад	Выгрузка груза на склад
2	Судно–вагон	“-“ в вагоны
3	Судно–автомашина	“-“ на автомашины
4	Склад–судно	Погрузка груза со склада на судно
5	Вагон–судно	“-“ на судно из вагонов
6	Автомашина–судно	“-“ на судно с автотранспорта
7	Судно–судно	Перегрузка груза с судна на судно
8	Вагон–склад	Перемещение груза с одного склада в другой
9	Склад–вагон	Погрузка груза со склада в вагон
10	Автомашина–склад	Разгрузка груза с автомашин на склад
11	Склад–автомашина	Отгрузка груза со склада на автотранспорт

12	Склад–склад	Перемещение груза с одного склада в другой

Перемещение груза по этим вариантам создает продукцию порта в физических тоннах, представляющих основной показатель грузовых работ порта. Перемещение груза по всем остальным вариантам выражается только в тонно-операциях.

Характер и эффективность организации грузовых работ в порту в значительной степени определяется отношением всех тонно-операций к физическим тоннам. Это отношение называется коэффициентом перевалки груза и выражается формулой:

$$k_{П} = Q_{Т\text{-}ОП} / Q_{ФТ}; \quad (3.1)$$

где $k_{П}$ – коэффициент перевалки;

$Q_{Т\text{-}ОП}$ – сумма всех тонно-операций;

$Q_{ФТ}$ – грузопереработка порта в физических тоннах.

Коэффициент перевалки показывает, какое количество перевалок совершается в среднем с 1 тонной груза при прохождении через порт с момента прибытия и до отправки из порта.

В организации грузовых работ необходимо стремиться к уменьшению количества перевалок и к снижению коэффициента перевалки. В идеальном случае он равен единице.

По характеру прохождения груза через порт варианты различаются на складские и прямые.

Прямыми вариантами называются такие, при которых груз в порту перегружается из морских судов на другие виды транспорта и обратно непосредственно, без складирования на портовых складах; такими вариантами являются: судно–вагон, вагон–судно, судно–автотранспорт, автотранспорт–судно и судно–судно.

Складскими вариантами называются такие варианты, при которых погрузка и разгрузка судов в порту связаны с размещением грузов на складах порта. Необходимость разгрузки грузов на склады вызывается различными причинами — например, отсутствием железнодорожных вагонов или других видов транспорта в момент разгрузки судов. На складах груз складируется с целью: накопления для отгрузки на судно, для комплектации, подработки, до получения разрешения на отгрузку или уточнения адресатов отгрузки и т. д.

При разгрузке груза с судов на склады порта коэффициент перевалки составляет 2, так как с каждой тонной груза совершаются две операции: первая – выгрузка из судна на склад и вторая – отгрузка со склада в вагоны или на автотранспорт.

Прямые варианты являются экономически выгодными и имеют большое народнохозяйственное значение. При перегрузке грузов по прямым вариантам ускоряется доставка грузов потребителям, снижаются расходы на перегрузочные работы, сохраняется качество груза.

Степень применения прямых вариантов переработки грузов в порту характеризуется коэффициентом транзитности, который представляет собой отношение количества физических тонн, переработанных по прямым вариантам, ко всему количеству физических тонн и выражается формулой:

$$k_{ТР} = Q_{ФТПР} / Q_{ФТ}; \quad (3.2)$$

Величина коэффициента транзитности связана с коэффициентом перевалки груза: чем выше коэффициент транзитности, тем ниже коэффициент перевалки груза, и когда в идеальном случае коэффициент транзитности равен единице, что будет означать погрузку и разгрузку всех грузов по прямым вариантам, то коэффициент перевалки груза также составит единицу, так как при прямых вариантах дополнительных операций с грузом в порту не совершается.

По способу производства перемещения груза варианты работы, а соответственно и тонно-операции, делятся на ручные, механизированные и комплексно-механизированные.

Всякий перегрузочный процесс, как процесс перемещения груза, состоит из нескольких элементов. Наиболее характерным в каждом перегрузочном процессе являются: захват груза на месте его начального положения, перемещение в заданное производственное направление и укладка в конечном пункте.

Если все элементы перегрузочного процесса выполняются ручным способом, то такие тонно-операции считаются ручными.

В современных условиях работы портов ручные работы встречаются редко, составляют десятые доли процента в общем объеме грузовых работ и применяются в таких случаях, как, например, выгрузка пиломатериалов из крытых вагонов с укладкой на прирельсовой площади. Как правило, все перегрузочные процессы в портах совершаются с применением перегрузочных машин и механизмов.

Если в перегрузочном процессе, выполняемом машинами, применяется также и ручной труд, например,

на укладке груза, то такие процессы называются механизированными. Если же машинами выполняются все элементы процесса – от захвата груза до его укладки и при этом труд рабочих сводится к управлению машинами, контролю хода процесса и выполнению подсобно-вспомогательных работ (открытие люка трюма, открытие дверей вагона, застропка пакетов груза, сепарирование и т. п.), то такие работы называются комплексно-механизированными.

Степень охвата комплексной механизацией грузовых работ выражается формулой:

$$k_{КМ} = (Q_{Т\text{-}ОПКМ} / Q_{Т\text{-}ОП})\times 100; \quad (3.3)$$

В числителе показывается количество комплексно-механизированных тонно-операций, а в знаменателе – общее число тонно-операций.

Производственной процесс морского транспорта подразделяется на технологические процессы работы его производственных подразделений.

Кроме флота, в транспортировке грузов или пассажиров непосредственно участвуют морские порты.

Транспортный флот и морские порты непосредственно взаимодействуют в начальной и конечной фазах производственного процесса. Именно здесь находятся важнейшие резервы коренного улучшения процесса перевозок. Для реализации этих резервов нужно стремиться к тому, чтобы максимально возможно сократить число приемов и операций в рабочих процессах морских портов, а также число не совмещенных операций в рабочих процессах флота, вспомогательных судов и других средств. Кроме того, необходимо добиваться совмещения всех вспомогательных операций в работе флота и портов: производить подготовку грузовых помещений и люков судов к погрузке и выгрузке на подходе судов к портам; бункеровку судов топливом, снабжение водой, материалами, инвентарем, продовольствием, оформление документов и другие операции осуществлять одновременно, с грузовыми операциями.

Другие предприятия морского транспорта – судоремонтные заводы, бункерные базы, вспомогательные суда – обеспечивают работу основных производственных подразделений – флота и морских портов. Каждому из предприятий свойственен свой технологический процесс работы.

Механизация перегрузочных процессов сокращает потребность в рабочей силе, облегчает труд рабочих и повышает производительность труда, ускоряет погрузку-разгрузку судов и вагонов, сокращает расходы на производство работ.

Под технологическим процессом понимается совокупность способов и средств, наилучшим образом обеспечивающих в данных конкретных условиях выполнение определенных производственных функций. Существуют технологические процессы работы судов, портов, вспомогательного флота, судоремонтных заводов.

Технологический процесс предприятия морского транспорта состоит из рабочих процессов, которые представляют собой его законченные отдельные части и имеют единое целевое назначение. В свою очередь рабочие процессы делятся на операции. Каждая из операций является той или иной частью рабочего процесса и состоит из приемов, последовательное выполнение которых дает возможность перейти к следующей операции, и так до завершения всего рабочего процесса.

Технологический процесс работы флота и портов – это основной процесс морского транспорта.

Технологический процесс работы морских судов состоит из следующих рабочих процессов (рис. 3.1):

– *подача под погрузку* – операции и приемы: распределение судов для перевозок и установление сроков постановки под погрузку в соответствии с планом перевозок, графиком движения судов и информации портов о фактическом наличии грузов или сроков их поступления; движение судов к портам или перестановка в порту, оформление прихода, маневрирование на акватории порта и при постановке к причалу (если необходимо, то и подготовка судна к буксировке при входе в порт), швартовка;

– *стоянка под погрузкой* – операции и приемы: подготовка грузовых помещений и люков к приему грузов, проверка грузов на предмет возможности приёма к морской перевозке, работа грузовыми средствами судна, размещение и штивка грузов в трюмах, крепление грузов, закрытие трюмов, оформление грузовых документов;

– *подготовка к рейсу* – операции и приемы: расчет выгодных курсов следования, выявление обстановки плавания, бункеровка топливом, снабжение водой, материалами, инвентарем, продовольствием, оформление документов;

– *выход из порта* – операции и приемы: подготовка к буксировке для швартовки, отход от причала – завод буксиров, отшвартовка, отход от причала, маневрирование на акватории порта, выход из порта, досмотр

судна;

– *движение судна (плавание)* – включает все операции и приемы по управлению судном во время плавания.

Последующие рабочие процессы – вход судна в порты выгрузки и стоянка судов под выгрузкой – включают операции и приемы, аналогичные тем, которые выполняются при выходе судов из порта и их стоянке под погрузкой.

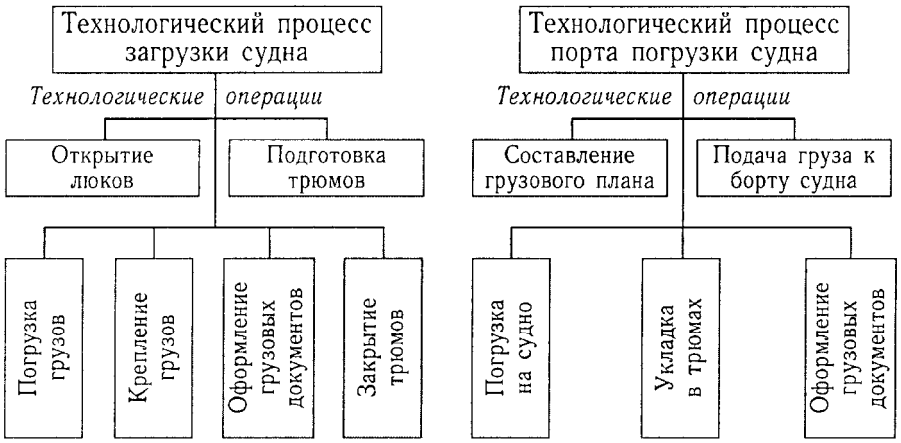


Рис. 3.1. Технологические процессы судна и порта

Технологический процесс работы портов включает такие рабочие процессы (рис. 3.1):

– *прием грузов к перевозке* – операции и приемы: подготовка порта, отдельных его территорий, причалов, складов к приему грузов; прием грузов от отправителя, включая взвешивание, маркировку и другие операции; оформление документов, размещение и хранение грузов в порту;

– *подготовка порта к приему судов* – операции и приёмы: подготовка причалов и всех средств порта, включая портовые буксиры, для приема судов определенных типов и размеров, о прибытии которых порт ставится в известность заблаговременно; подготовка необходимых средств к погрузке грузов, их соответственное сосредоточение, составление грузовых планов;

– *погрузка судов в порту* – операции и приёмы: доставка грузов к причалу, погрузка и укладка их в трюмах, штивка грузов, оформление грузовых документов;

– *подготовка порта к отходу судна* – операции и приёмы; оформление грузовых документов, подготовка необходимых средств, включая буксиры, для вывода судна из порта; осмотр судна и оформление его отхода.

Последующие рабочие процессы – подготовка к приему судов для выгрузки грузов, выгрузка грузов и сдача их получателю – включают операции, аналогичные тем, что и при приеме грузов от отправителей, подготовка порта к приему судов и погрузке грузов.

3.2. Элементы и структура технологических процессов в порту

Технологический процесс перегрузки груза определяет, какие последовательные действия совершаются с грузом, какие машины, грузозахватные приспособления, устройства, инвентарь при этом применяется, сколько рабочих и каких профессий участвует в выполнении перегрузочного процесса, каким образом они расставлены, какие приемы работ ими применяются.

Всякий производственный процесс состоит из отдельных элементов, взаимосвязанных между собой операций, приемов и движений (см. гл. 1 и рис. 3.2).

Операцией называется такая часть производственного процесса, которая выполняется одним и тем же рабочим или группой рабочих (звеном) на одном и том же рабочем месте.

Рабочий прием – это часть операции, характеризующая однородность действий рабочего. Трудовое движение – простейшая часть рабочего приема, имеющая четко выраженные начало и конец.

Процесс перегрузки груза состоит из ряда операций, которые, в зависимости от назначения, подразделяются на основные, или технологические, и вспомогательные.

К вспомогательным операциям относятся: открытие-закрытие грузовых люков, перевеска, маркировка, сортировка, тарировка, крепление, дробление груза и др. Вспомогательные операции могут выполняться как в ходе технологического процесса перегрузки груза, так и до и после него. На одном рабочем месте, помимо

основной операции, может выполняться последовательно или параллельно одна или несколько вспомогательных операций (взвешивание, сортировка, тарировка груза и др.).

Рису. 3.2. Структура производственных процессов

Одна и та же вспомогательная операция может выполняться на различных рабочих местах (например, взвешивание груза – на причале и складе; сортировка груза – в трюме, на складе), причем последовательность вспомогательных операций может изменяться.

Целью любого перегрузочного процесса является изменение местоположения груза.

Конкретные технологические решения варианта процесса перегрузки груза с использованием одной механизированной линии названы технологической схемой. Технологическая схема перегрузки определенного груза стала предметом технологического проектирования, нормирования и оплаты труда рабочих, нормирования затрат топлива, электроэнергии, материалов, планирования, учета перегрузочных работ, выполняемых в морских портах.

Технологическая схема перегрузки представляет собой совокупность технологических операций, состоящих из элементов операций.

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

Конечной операцией, завершающей технологический процесс, является штабелирование груза в конечном положении в соответствии с предъявленными требованиями. При выполнении операций перемещения обеспечивается перемещение груза из начального в конечное положение по территории или акватории порта.

Передаточные операции встречаются в сложных технологических схемах, в которых они обеспечивают связь смежных операций перемещения путем соответствующей передачи груза с одной машины на другую.

Технологические операции могут выполняться на различных рабочих местах, спецификой которых в значительной мере предопределяется возможность применения тех или иных технических средств, а также количество одновременно занятых рабочих.

При производстве перегрузочных работ принято обозначение операций: начальных, передаточных, конечных – по месту их выполнения, перемещения – по типу используемых машин, как указано в табл. 3.2.

В технологических схемах после наименования операции в скобках указывается:

а) для начальных, конечных и передаточных операций: используемые машины, средства малой механизации, способ штабелирования груза и другие данные, характеризующие условия и способ производства работ;

б) для операций перемещения: тип машины, грузозахватного приспособления и другие данные, характеризующие условия и способ производства работ.

Таблица 3.2.

Перечень технологических операций

Наименование и назначение технологических операций	Место производства работ	Условное обозначение
Судовая – начальная при разгрузке и конечная при нагрузке судна	Трюм, твиндек, палуба судна	По месту производства работ: трюм, палуба
Вагонная – начальная при разгрузке и конечная при загрузке железнодорожного вагона	Вагон крытый, полувагон, платформа и т.п.	По месту производства работ: вагон четырехосный, платформа, полувагон, вагон двухосный
Автотранспортная – начальная при разгрузке и конечная при загрузке грузового автомобиля	Грузовой автомобиль, автопоезд	По месту производства работ: автомобиль
Складская – начальная при отгрузке груза со склада и конечная при поступлении груза на склад	Закрытая или открытая складская площадь, бон (вода)	По месту производства работ: склад, бон или вода
Кордонная – операция перемещения, следующая за судовой операцией (при выгрузке) или ей предшествующая (при загрузке), обеспечивает перемещение груза из судна на склад или непосредственно на другие виды магистрального транспорта (или в обратном направлении)	Прикордонная полоса причала в случае использования береговых перегрузочных машин: судно (судовыми стрелами, или кранами), плавперегружатель (плавучий кран)	По типу используемых машин; кран, судовые стрелы и т.п.
Внутрипортовая – транспортная операция, обеспечивающая перемещение груза по территории или акватории порта	Территория или акватория порта	По типу используемых машин: автопогрузчик, электропогрузчик, электротележка, автомобиль, кран и т.д.
Передаточная – промежуточная операция, обеспечивающая взаимосвязь смежных операций	Причал, рампа или балкон склада	По месту производства работ: причал, рампа и т.п.

Операции перемещения различают как: кордонную (подача груза на судно и обратно) и внутрипортовую – транспортную.

Технологические схемы перегрузки груза могут отличаться по количеству и содержанию (составу) отдельных операций, из которых они образованы.

В зависимости от рода груза, условий перемещения и характеристики используемых машин и приспособлений промежуточные операции могут состоять из операций перемещения и передаточных операций. Технологический процесс перегрузки груза включает от 3-х до 11-ти технологических операций. При этом одна машина, например мостовой перегружатель, может обслуживать несколько рабочих мест и обеспечивать выполнение ряда операций: вынесение груза из трюма судна, внутрипортовое перемещение его и штабелирование на тыловой площадке.

Самой мелкой в технологическом отношении частью процесса является элемент операции, характеризуемый определенной целенаправленностью, организационно-техническими условиями; выполнением его завершается технологически однородная часть операции.

Технологическая операция состоит из нескольких элементов, выполняемых в определенной последовательности. В частном случае операция может состоять из одного элемента. Для каждого элемента операции обязательным является соблюдение определенной последовательности и непрерывности выполнения составляющих его приемов работ. Например, при выгрузке из трюма мешкового груза элемент судовой операции по формированию пакета груза состоит из следующих последовательных приемов: захват мешка, перемещение мешка из первоначального места укладки к грузозахватному приспособлению, укладка мешка на грузозахватное приспособление, перемещение за очередным мешком. Эти приемы работ повторяются до соответствующей загрузки грузозахватного приспособления. Перечень элементов, из различных сочетаний

которых образуются разнообразные операции технологического процесса, приведен в табл. 3.3.

В ходе технологического процесса перегрузки груза (до и после него) могут выполняться вспомогательные операции. На одном рабочем месте, помимо основной операции, может выполняться последовательно или параллельно одна или несколько вспомогательных операций (взвешивание, сортировка, тарировка груза и др.).

Таблица 3.3

Элементы технологического процесса перегрузки груза

№ п/п	Наименование и краткое содержание элементов операций технологического процесса перегрузки груза	Условное обозначение
1	Формирование пакета из отдельных мест (порций) груза. Включает в общем виде: захват, перемещение, укладку груза на грузозахватное приспособление, а также захват, перемещение и установку к месту загрузки порожнего грузозахватного приспособления	ФГ
2	Расформирование, разборка пакета на отдельные места груза. Включает в общем виде: захват, перемещение, укладку груза на судне, в вагоне, на автомобиле, на складе и т. п., сюда входит уборка, оттаскивание порожнего грузозахватного приспособления	РГ
3	Зацепка (захват) груза перегрузочной машиной включает: подход рабочего, собственно захват (зацепку) груза, поджатие или проверку застропки с соответствующим маневрированием машины	ЗГ
4	Отцепка (отдача) груза от перегрузочной машины, включая маневрирование машины для подачи груза в необходимое место	ОГ
5	Зацепка (захват) порожнего грузозахватного приспособления, включая маневрирование машины	ЗП
6	Отцепка (отдача) порожнего грузозахватного приспособления, включая переход рабочего и маневрирование машины при установке порожнего грузозахватного приспособления в надлежащее место	ОП
7	Ход с грузом, включая маневрирование на ходу, торможение	ХГ
8	Ход без груза (порожнего или с грузозахватным приспособлением), включая маневрирование на ходу и торможение	ХП
9	Активное наблюдение при подаче или вынесении (отвозке) груза из рабочей зоны	АНГ
10	Активное наблюдение при подаче или вынесении (отвозке) порожнего грузозахватного приспособления из рабочей зоны	АНП

Структура технологической схемы перегрузки груза характеризуется количеством, составом и способом выполнения основных операций, а структура последних – количеством, составом и способом выполнения элементов операции и основывается на следующих закономерностях.

1. Технологические (основные) операции перегрузочных процессов выполняются в строго определенной последовательности: начальная операция; первая операция перемещения; первая передаточная операция; вторая операция перемещения; вторая передаточная операция; третья операция перемещения и т. д.

Последовательность выполнения элементов технологических операций следующая:

Начальная операция ФГ–АНП–ОП–ЗГ–АНГ.

Конечная операция АНГ–ОГ–ЗП–АНП–РГ.

Операция перемещения ОП–ЗГ–ХГ–ОГ–ЗП–ХП.

Передаточная операция АНГ–ОГ–ЗП–АНП–РГ (или ФГ) = АНП–ОП–ЗГ–АНГ.

Отсутствие в некоторых вариантах структуры отдельных элементов не нарушает указанной последовательности.

2. Непрерывность технологического процесса перегрузки груза обеспечивается выполнением в смежных операциях идентичных элементов – ЗГ, ОГ, ЗП, ОП, как показано на рис. 3.4.

Отсутствие в некоторых вариантах структуры элементов (ОП, ЗП) не меняет положения.

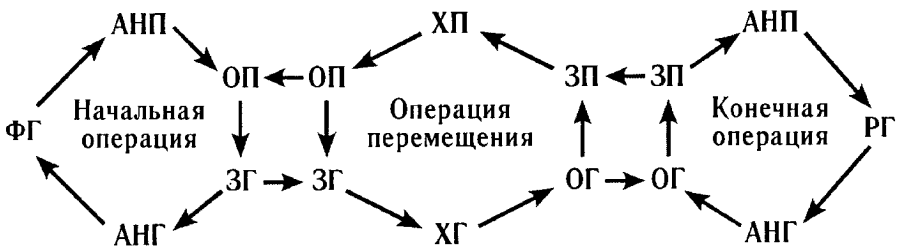


Рис. 3.4. Непрерывность технологического процесса перегрузки груза

3. Элементы ОП и ЗП встречаются в случаях применения съемных грузозахватных приспособлений, отцепляемых-зацепляемых в каждом цикле. При перегрузке грузов готовыми пакетами практикуется единовременная подача к месту формирования пакета из 10–12 порожних универсальных площадок, т. е. элементы ОП и ЗП встречаются не в каждом цикле, а через несколько циклов. Однако, это положение не вносит изменений в структуру операции, а при расчете продолжительности цикла подобные периодические затраты времени относятся пропорционально на каждый цикл.

4. Элементы активного наблюдения (АНГ, АНП) возникают в начальной, конечной и передаточной операциях, когда непосредственно на рабочем месте находятся исполнители соответствующей операции.

5. Элементы ФГ, РГ встречаются в начальной и передаточной операциях в таких случаях: если для осуществления захвата груза (ЗГ) и последующего его перемещения с одного рабочего места на другое необходимо предварительно подготовить (сформировать) порцию груза; когда укладка груза не ограничивается отцепкой (установкой) доставленного пакета груза (ОГ), а возникает необходимость в расформировании порции груза на составляющие части и надлежащей укладке отдельных мест.

6. Элементы ЗГ, ОГ присущи любому технологическому процессу перегрузки груза и выполняются посредством ручных, механизированных или машинно-автоматических приемов работ. В определенных производственных условиях начальная и конечная операции могут состоять соответственно из одного элемента ЗГ или ОГ.

7. Элементы ХГ и ХП имеются в любой операции перемещения. При использовании для этой цели разнообразных машин можно применять наименее трудоемкие приемы работ – механизированные и автоматические.

Степень механизации технологической схемы определяется отношением количества операций, выполняемых машинами, к общему числу технологических операций. Автоматизированной считается технологическая схема, в которой хотя бы одна технологическая операция выполняется с помощью машин автоматически без участия рабочего-оператора (крановщика, водителя, машиниста и т. д.). Степень автоматизации процесса определяется отношением числа автоматически выполняемых технологических операций к их общему количеству. Автоматической является такая технологическая операция, все элементы которой выполняются автоматически. Автоматизированной является операция, в которой хотя бы один элемент выполняется автоматически. Если все технологические операции являются автоматическими, то и технологическая схема в целом считается автоматической.

Технологические схемы характеризуются следующими результативными показателями: себестоимостью перегрузки груза; капиталовложениями; рентабельностью; специальными показателями: универсальностью используемых машин, надежностью в работе и простотой обслуживания машин, возможностью быстрого и экономичного изготовления и др.

Производительность технологической (механизированной) линии (H) определяет количество груза, перегружаемого одной механизированной линией в течение рабочей смены (т/смену), и является функцией технической производительности лимитирующего звена механизированной линии ($P_Л$, т/ч) и оперативного времени ($T_{ОП}$, ч), а именно:

$$H = T_{ОП}P_Л; \qquad (3.4)$$

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

Продолжительность оперативного времени всегда меньше продолжительности регламентированной

рабочей смены, поэтому средняя за смену часовая производительность технологической схемы перегрузки груза (H) соответственно меньше расчетной часовой производительности (т/ч) механизированной линии, определяемой так:

$$H_Ч = H / T = T_{ОП} P_Л / Т; \quad (3.5)$$

Технологическая трудоемкость процесса (в дальнейшем именуемая трудоемкость) характеризует общие затраты труда рабочих комплексной бригады (ET, чел.-ч) при перегрузке груза с производительностью H.

Трудоемкость перегрузки одной тонны груза (чел.-ч/т)

$$r = ET / H; \quad (3.6)$$

где E – количество рабочих в технологической линии, чел.;

T – продолжительность смены, ч.

Необходимое количество погрузочно-разгрузочных машин для переработки тарно-штучных грузов определяется через смешанную норму выработки.

Сменная норма выработки машин $П_{ЭСМ}$ (т/см.)

$$П_{ЭСМ} = K_В \ T_{СМ} \cdot П_Т$$

где $П_Т$ – техническая производительность машин;

$K_В$ – коэффициент использования машин по времени и грузопереработки в течение рабочей смены;

$T_{СМ}$ – продолжительность рабочей смены (8 час);

$$П_Т = Q_Ц \cdot n_Ц$$

где $Q_Ц$ – масса груза переработки за 1 цикл;

$n_Ц$ – количество циклов в час;

$$n_Ц = 3600 / t_Ц;$$

$$t_Ц = t_З + t_П + t_{ПЕР} + t_{ОП} + t_В; \quad (3.7)$$

где $t_З$ – захват груза;

$t_П$ – время подъёма ($H_П/V_П$);

$t_{ПЕР}$ – время перемещения ($L/V_{ПЕР}$);

$t_{ОП}$ – время опускания ($H_О/V_П$);

$$t_{ОП} = t_П;$$

$t_В$ – время возвращения ($t_{ОП} = t_В$).

$$t_В = \frac{L}{V_{ПЕР}}$$

Находим необходимое количество машин:

$$M = \frac{1}{m(365 - t_Р)} \cdot \frac{Q_М}{П_{ЭСМ}}; \quad (3.8)$$

где m – количество смен в сутки (3);

$t_Р$ – регламентированное время простоя машин в течение года (сутки);

$Q_М$ – годовой объём технической переработки тарно-штучных грузов

$$(Q_М = 365(Q_Р^О + Q_Р^П)).$$

$Q_Р^О$ и $Q_Р^П$ – суточный объём переработки, выполненный в складах отправления и прибытия;

$$Q_Р^П = Q_С^П (2 - K_П^I);$$

$$Q_Р^О = Q_С^О (2 - K_П^П).$$

Минимальное количество погрузчиков, необходимое для переработки заданного объёма тарно-упаковочных грузов.

$$U_{\min} = \frac{1}{365} \sum \frac{K_1 K_2 Q_Г}{P_Э (T - 2T_{ПР})}; \quad (3.9)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий отклонения в поступлении груза;

K_2 – коэффициент, учитывающий количество погрузочно-разгрузочных операций с одним грузом;

$K_2^П$ – для прибывающих грузов;

$K_2^О$ – для отправляющихся грузов;

$Q_Г$ – годовой грузопоток;

$P_Э$ – эксплуатационная производительность одной машины, т/ч;

T – полезное время работы машины на погрузке и выгрузке в течение суток с учётом перерывов;

$T_{ПР}$ – затраты времени на операции с вагонами, во время которых машины не работают.

$$P_э = П_т \cdot K_п \cdot K_т$$

где $K_п$ – коэффициент использования машины по времени в течение смены, учитывающий перерывы на техническое обслуживание и ремонт машины, смену рабочего оборудования, перемещение машины по территории объекта, потери времени по метеорологическим условиям, отдых машиниста и т.п.,

$K_т$ = 0,85…0,95 – коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста и качество управления.

Потребное количество поддонов для перевозки заданного объёма тарно-упакованных грузов.

$$U_П = \frac{Q_C \cdot t_{об}}{q_П} \cdot (1 + K_q + K_p); \qquad (3.10)$$

где $t_{об}$ – время оборота одного поддона в сутках;

K_q – коэффициент неравномерности;

$K_р$ – коэффициент, учитывающий поддоны, находящиеся в ремонте.

Потребность в штате механизаторов определяется из расчёта, что на складе тарно-штучных грузов один механизм обслуживают два человека.

Расчёт проводим по формуле:

$$U_Р = n_т\, m\, n_о\, л_0\, л_1; \qquad (3.11)$$

где $n_т$ – количество работающих механизмов;

$n_о$ – обслуживающий одну машину персонал;

$л_0$ – коэффициент подмены ($л_0$ = 1,19);

$л_1$ – коэффициент, учитывающий дополнительный штат работников для смены в выходные дни, а также вместо отпусков ($л_1$ = 1,19).

Простой вагонов под погрузкой и выгрузкой на складе тарно-упакованных грузов:

$$T_Г^П = \frac{Q_П}{П_Э \cdot M} + t_g; \qquad (3.12)$$

где $Q_П$ – масса груза в одной подаче в тоннах

$$Q_П = \frac{Q_C}{Z};$$

$П_Э$ – эксплуатационная производительность одного механизма (т/час);

M – количество механизмов;

t_g – дополнительные затраты времени на подготовку заключительной операции и перестановку вагонов (час).

Для того, чтобы определить простой автомобилей под грузовыми операциями, используем значение пропускной способности одного места погрузки–выгрузки автомобиля $g_П$, т/час и число мест погрузки $A_П$ и выгрузки $A_В$.

$$T_{га}^П = \frac{Q_O^В}{g_П \cdot A_П};$$

$$T_{га}^В = \frac{Q_В^П}{g_В \cdot A_В}.$$

Для выполнения технико-экономических расчетов по выбору наиболее эффективного варианта механизированной переработки тарно-упаковочных грузов для примера положим, что в первом варианте используется вилочный погрузчик ЭП-103, во втором варианте – кран-штабелер КМО-1000.

Полные капиталовложения составят:

$$K_П = K_М + K_В + K_С + K_Ж + K_А + K_Э + K_{ВН}; \qquad (3.13)$$

где $K_М$ – затраты на средства механизации с учетом доставки и монтажа;

$K_В$ – затраты на вспомогательные работы;

$K_С$ – затраты на склад (строительная стоимость);

$K_Ж$ – затраты на железнодорожные пути;

$K_А$ – затраты на строительство автопереездов;

$K_Э$ – затраты на электросеть;

$K_{ВН}$ – затраты на водопроводные и канализационные коммуникации.

Рассчитываем площадь склада во втором варианте методом элементарных площадок.

Примем, что на элементарной площадке размещается 12 поддонов с пакетами в 6 ярусов – всего 72 поддона по 9 в каждом.

$$F_{СК} = U_{ПЛ} F_Л; \quad (3.14)$$

$$V_{ПЛ} = V_С / \Delta V;\ V_С = 2519;\ \Delta V = 64{,}8;\ U_{ПЛ} = 38{,}9;$$

$$F_{СК} = 1517{,}1\ м^2.$$

Если ширина склада B = 24 м, тогда: $U = F_{СК} / B$ = 63,2 м

Найдём необходимое количество кранов-штабелеров для второго варианта.

$$П_{ЭСМ} = K_В T_{СМ} П_Г;\ K_В = 0{,}75;\ T_{СМ} = 8\ ч;\ П_Т = Q_С n_Ц;\ Q_С = 0{,}9;$$

$$t_Ц = t_З + t_П + t_{ПЕР} + t_{ОП} + t_В; \quad (3.15)$$

$$t_З = 4\ с;\ t_П = n_Н / V_{ПЕР};\ H_П = 2\ м;\ V_{ПЕР} = 0{,}8\ м/с;$$

$$V_П = 0{,}2\ м/с;\ t_П = 10\ с;\ t_{ПЕР} = t / V_{ПЕР};\ L = 15\ м;$$

$$t_{ПЕР} = 19\ с;\ t_0 = t_П = 10\ с;\ t_В = t_{ПЕР} = 10\ с;\ t_Ц = 62\ с.$$

$$n_Ц = 58\ циклов;\ П_Т = 52{,}2\ т/ч$$

$$П_{ЭСМ} = 313{,}2\ т/с$$

$$М = 3{,}28\ мех.$$

Определим количество погрузчиков, работающих на рампе:

$$П_{ЭК} = K_В T_{СМ} П_Т;\ П_Т = Q_С n_Ц;$$

$$П_Т = 113{,}4\ т/ч;\ П_{ЭСМ} = 680{,}4\ т/ч;$$

$$t_Ц = t_З + t_{ПОД} + t_{ОП} + t_В; \quad (3.16)$$

$$V_П = 2{,}5\ м/с;\ t_З = 4\ с;\ t_{ПОД} = H_П / V_П;\ t_{ПОД} = 0{,}12\ с;$$

$$V_{ПЕР} = 2{,}5\ м/с;\ t_{ПЕР} = t / V_{ПЕР};\ t_{ОП} = t_{ПОД} = 0{,}12\ с;\ t_{ВЫГ} = t_{ПЕР} = 3\ с;\ t_Ц = 62\ с;$$

$$t_Ц = 4 + 0{,}12 + 3 + 0{,}12 + 3 = 10{,}24\ с;$$

$$M = 1{,}6\ мех.$$

Во втором варианте для выполнения заданного объема работы необходимо иметь 1 автопогрузчик и 4 крана. Для того, чтобы при определении капиталовложений на оборудование и сооружение, по прейскурантной стоимости оборудования, учесть все вытекающие затраты, необходимо добавить расходы на доставку погрузочно-разгрузочных машин, 30 % на хранение, 15 % на монтаж и аренду (от их стоимости).

Длина подкрановых путей у склада равна $L_{ЖД} = 2L_{СКЛ}$, где коэффициент 2 учитывает укладку одного выставочного пути.

Длина линий электросети и водопроводно-канализационной сети

$$L_Э = П_П L_{СКЛ};\ L_{ВК} = U_П L_{СКЛ}.$$

Составим расчетную ведомость технико-экономических показателей.

Определим эксплуатационные расходы по формуле

$$R_С = R_З R_Э R_М R_А \rho, \quad (3.17)$$

где $R_З$ – расходы на зарплату с учетом начисления;

$R_Э$ – расходы на электроэнергию;

$R_М$ – расходы на смазочные и обтирочные материалы;

$R_А$ – амортизационные отчисления;

ρ – расходы на ТР и ТО.

Определим расходы на зарплату

$$R_З = K_З T_Ф \sum U_{pi} C_i\ , \quad (3.18)$$

где $K_З$ – коэффициент, учитывающий удельный вес основной зарплаты в общем фонде зарплаты для повременщиков ($К_З$ = 1,4);

$T_Ф$ – фактическое число смен работы обслуживающего персонала в год по данной установке ($T_Ф$ = 365);

U_{pi} – кол-во обслуживающего персонала по каждому ряду работы;

Также учитываются амортизационные отчисления, исходя из действующих нормативов и методик. Затем сравниваем итоговые результаты по обоим вариантом.

Следует стремиться объединить операции по подготовке порта к приему судов, их погрузке с операциями по приему грузов к перевозке, а операции по подготовке порта к отходу судна нужно совмещать с операциями по подготовке судов к рейсам.

Технологические процессы работы вспомогательных судов и других средств включают множество рабочих процессов, операций и приемов, которые делятся на **основные и вспомогательные.** К основным операциям относятся все операции, связанные с непосредственным обслуживанием судна. Это, например, операции по подготовке необходимых плавсредств для выполнения рейдовой лихтеровки судов и операции по самой лихтеровке, по бункеровке судов топливом и др.

Технологические процессы, так же как составляющие их рабочие процессы, операции и приемы, в работе отдельных звеньев морского транспорта существенно отличаются друг от друга, однако все они взаимоувязаны и подчинены одной производственной задаче. Поэтому при технико-экономическом нормировании работы морского транспорта необходимо не только совмещать рабочие процессы, операции и приемы по каждому технологическому процессу в отдельности, но и совмещать по времени целые технологические процессы, достигая наилучшего взаимодействия всех звеньев морского транспорта.

Транспортный флот и морские порты непосредственно взаимодействуют в начальной и конечной фазах производственного процесса. Именно здесь кроются важнейшие резервы по коренному улучшению процесса перевозок. Для реализации этих резервов нужно стремиться к тому, чтобы максимально возможно сократить число приемов и операций в рабочих процессах морских портов, а также число не совмещенных операций в рабочих процессах флота, вспомогательных судов и других средств.

Кроме того, необходимо добиваться совмещения всех вспомогательных операций в работе флота и портов: производить подготовку грузовых помещений и люков к погрузке и выгрузке на подходе судов к портам; бункеровку судов топливом, снабжение судов водой, материалами, инвентарем, продовольствием, оформление документов и другие операции осуществлять одновременно с погрузочно-разгрузочными работами.

Стояночное время рейса складывается из времени, затрачиваемого на погрузочно-разгрузочные работы и на вспомогательные операции. Стояночное время под грузовыми операциями определяется судо-суточными нормами. Эти нормы устанавливают, сколько груза (в тоннах) должно погружаться на судно или выгружаться из него в данном порту за сутки. Интенсивность грузовых работ на судне зависит от условий работы порта и его оснащенности, а также от свойств груза и технических особенностей судна (количество и размеры люков, число палуб и надстроек, наличие продольной и поперечной переборок, тоннеля гребного вала, пиллерсов, платформ, грузовместимость трюмов).

На интенсивность грузовых работ в портах влияют также место их выполнения или рейд, применяемые перегрузочные средства, варианты переработки грузов, наличие складской площади, подача вагонов.

Таким образом, при установлении судо-суточных норм учитываются технологические схемы, производительность механизмов, их количество, род грузов и тип судна.

Судо-суточные нормы могут быть укрупненно определены по следующей формуле:

$$M = P\ n\ t\ K_{ПЕР}, \qquad (3.19)$$

где P – производительность перегрузочного механизма, т/ч;

n – число механизмов на причале (устанавливается с учетом числа обрабатываемых люков);

t – рабочее время, ч/сут.;

$K_{ПЕР}$ – коэффициент, учитывающий технологические перерывы.

Помимо времени, затрачиваемого на грузовые операции, требуется время на вспомогательные операции – швартовку и отшвартовку судов, на лоцманскую проводку, подготовку трюмов, на работу комиссий и т. д. Ранее эти затраты времени не нормировались, вследствие чего трудно было заранее точно определить полное время рейса судов.

Большинство норм на вспомогательные операции установлены в зависимости от грузоподъемности судов, а нормы времени их подготовки к грузовым операциям – в зависимости от необходимости зачистки

трюмов и с учетом периода производства работ (зимнего или летнего).

Норма грузовых работ различается в зависимости от того, на какое время будет отнесено количество погруженных и выгруженных грузов.

Техническая, или чистая, норма определяется только за время производства грузовых операций

$$M_{ч} = \frac{\sum Q}{t_{ч}}; \qquad (3.20)$$

валовая норма определяется за все время пребывания судна в порту

$$M_{В} = \frac{\sum Q}{t_{В}}; \qquad (3.21)$$

где $\sum Q$ – количество грузов,

$t_В$, $t_Ч$ – затраченное чистое и валовое время.

В валовое время входит, кроме периода погрузки–разгрузки, время нахождения судна в порту, когда оно не находится под погрузкой–разгрузкой.

Отношение $M_В/M_Ч = \varphi$, называемое **коэффициентом приближения**, показывает, какая доля стояночного времени используется для грузовых операций, а величина $(1 - \varphi)$, называемая **коэффициентом простоев** – долю времени простоя судов под прочими операциями, в том числе непроизводительные простои.

Установленные для портов нормы времени дают возможность заранее определять стояночное время.

Для учета фактически затраченного судном времени в порту капитан составляет так называемый **судовой акт** по специальной форме, который согласуется с представителем порта. В судовом акте фиксируется время всех операций, произведенных с момента прихода судна в порт до момента выхода его в рейс с точностью до 5 мин.

Судовой акт подписывается капитаном судна, а также главным диспетчером и начальником грузового участка (терминала) порта. Два экземпляра судового акта передаются в порт. Капитан судна передает акт судовладельцу при рейсовом отчете. Порт также направляет судовладельцу один экземпляр судового акта. На основании судового акта порт определяет время, полагавшееся по действующим нормам, а также фактически затраченное. В результате начисляют премию или штраф за простой судна сверх положенных норм.

Движение морских судов в соответствии с установленными графиками и расписаниями – основное условие выполнения плана перевозок. В соответствии с месячным графиком движения судов пароходства сообщают портам даты постановки судов под погрузку или разгрузку, а также количество и род подлежащих перевалке грузов. На основании этих данных планируется работа портов по обработке флота.

3.3. Технологический процесс обработки судов

Погрузка или разгрузка современного морского судна – сложный и трудоемкий процесс, который должен быть четко организован. Перед приходом судна в порт составляется план **обработки судна;** при этом намечается весь технологический процесс обработки судна и устанавливаются очередность и сроки выполнения отдельных операций**.**

Оперативный план обработки судна составляется на основании графика (или расписания) движения судов, норм разгрузки-погрузки для данного порта и судна. В плане указываются: причал, вес грузов, которые должны пройти через причальный фронт, род грузов, вариант работы, а также время ее начала и окончания. Указываются также все операции, подлежащие выполнению во время пребывания судна в порту, время их начала и окончания с точностью до 5 мин. На основании оперативных планов обработки отдельных судов составляется **сменно-суточный план работы порта**.

Процесс должен планироваться с учетом максимального использования механизации и широкого применения передовых методов труда.

Высокопроизводительная обработка судов может быть достигнута лишь в том случае, если заранее разработана технология перегрузочных работ, согласно которой предусмотрен непрерывный поток грузов в процессе обработки судна. В состав **технологического проекта** входят технологическая карта (рис. 3.22), грузовой план судна, графическая схема обработки и пояснительная записка. В этих документах указываются:

1) необходимое расположение судна, перегрузочных машин, плавучих средств, внутрипортового

транспорта, вагонов;

2) порядок движения внутрипортового транспорта, маневры железнодорожных вагонов;

3) детальное размещение грузов на судне (грузовой план);

4) расстановка рабочей силы;

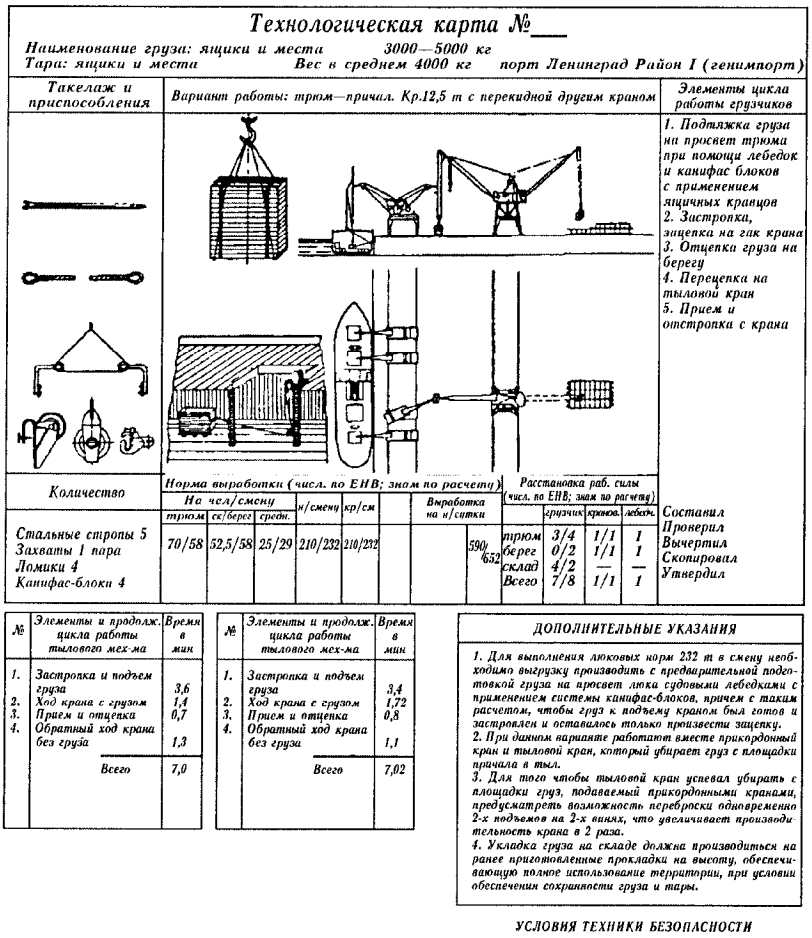
5) необходимое количество перегрузочных и транспортирующих машин, их выработка;

6) типы и количество необходимых захватных приспособлений и инвентаря;

7) порядок организации работ в трюмах и на складах;

8) порядок взвешивания грузов (если оно необходимо) и другие условия, специфические для данного случая обработки судна;

9) длительность обработки каждого трюма и общий срок стоянки судна в порту.



Технологическая карта №___

Наименование груза: ящики и места 3000—5000 кг
Тара: ящики и места Вес в среднем 4000 кг порт Ленинград Район I (генимпорт)

Такелаж и приспособления	Вариант работы: трюм—причал. Кр.12,5 т с перекидной другим краном	Элементы цикла работы грузчиков
		1. Подтяжка груза на просвет трюма при помощи лебедок и канифас блоков с применением ящичных кравцов 2. Застропка, зацепка на гак крана 3. Отцепка груза на берегу 4. Перецепка на тыловой кран 5. Прием и отстропка с крана

Количество	Норма выработки (числ. по ЕНВ; знам по расчету)								Расстановка раб. силы (числ. по ЕНВ; знам по расчету)				
	На чел/смену			н/смену	кр/см		Выработка на н/ситки			грузчик	крановщ.	лебедч.	
	трюм	ск/берег	средн.										
Стальные стропы 5 Захваты 1 пара Ломики 4 Канифас-блоки 4	70/58	52,5/58	25/29	210/232	210/232			590/652	трюм	3/4	1/1	1	Составил
									берег	0/2	1/1	1	Проверил
									склад	4/2	—	—	Вычертил
									Всего	7/8	1/1	1	Скопировал
													Утвердил

№	Элементы и продолж. цикла работы тылового мех-ма	Время в мин
1.	Застропка и подъем груза	3,6
2.	Ход крана с грузом	1,4
3.	Прием и отцепка	0,7
4.	Обратный ход крана без груза	1,3
	Всего	7,0

№	Элементы и продолж. цикла работы тылового мех-ма	Время в мин
1.	Застропка и подъем груза	3,4
2.	Ход крана с грузом	1,72
3.	Прием и отцепка	0,8
4.	Обратный ход крана без груза	1,1
	Всего	7,02

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УКАЗАНИЯ

1. Для выполнения люковых норм 232 т в смену необходимо выгрузку производить с предварительной подготовкой груза на просвет люка судовыми лебедками с применением системы канифас-блоков, причем с таким расчетом, чтобы груз к подъему краном был готов и застроплен и оставилось только произвести зацепку.
2. При данном варианте работают вместе прикордонный кран и тыловой кран, который убирает груз с площадки прачала в тыл.
3. Для того чтобы тыловой кран успевал убирать с площадки груз, подаваемый прикордонными кранами, предусмотреть возможность переброски одновременно 2-х поддеемов на 2-х виньх, что увеличивает производительность крана в 2 раза.
4. Укладка груза на складе должна производиться на ранее приготовленные прокладки на высоту, обеспечивающую полное использование территории, при условии обеспечения сохранности груза и тары.

УСЛОВИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Рис. 3.22. Технологическая карта погрузки-разгрузки судна

Для обеспечения максимального использования грузовых помещений судна (трюмов и палубы) как в объемном, так и весовом отношении и соблюдения норм безопасности мореплавания применяется документ, именуемый **грузовой план** (*cargoplan*, каргоплан). Грузовой план это чертеж в виде продольно-поперечного разреза судна, который составляется перед началом загрузки. На схеме показывается предполагаемое размещение на судне всех партий груза с учетом порта назначения и безопасности перевозки, а также и с учетом безопасности для судна. При составлении каргоплана должны учитываться физико-химические и транспортные свойства грузов, возможность их совместной перевозки.

От качества составления каргоплана в значительной степени зависит организация грузовых операций в портах погрузки и выгрузки судна, а, следовательно, и продолжительность стояночного времени. Каргоплан составляется грузовым помощником капитана (иногда агентом в порту) совместно с представителями администрации порта и утверждается капитаном судна. Очень часто понятие «грузовой план» употребляется как синоним плана размещения груза, поскольку последний имеет тот же формат, но показывает детальное размещение всех партий грузов, уже погруженных на судно.

В настоящее время, в особенности при осуществлении линейных перевозок, каргоплан обычно разрабатывается с помощью программного обеспечения, на персональных компьютерах. При контейнерных перевозках под каргопланом иногда понимают перечень контейнеров, подлежащих выгрузке в конкретном порту.

Контейнеры для одного порта выгрузки стараются грузить единым слотом (от англ. *slot* – щель, прорезь) по принципу «чем ниже, тем тяжелее», при этом тяжелые контейнеры размещаются в трюме максимально глубоко и, по возможности, равномерно слоями (рис. 3.23).

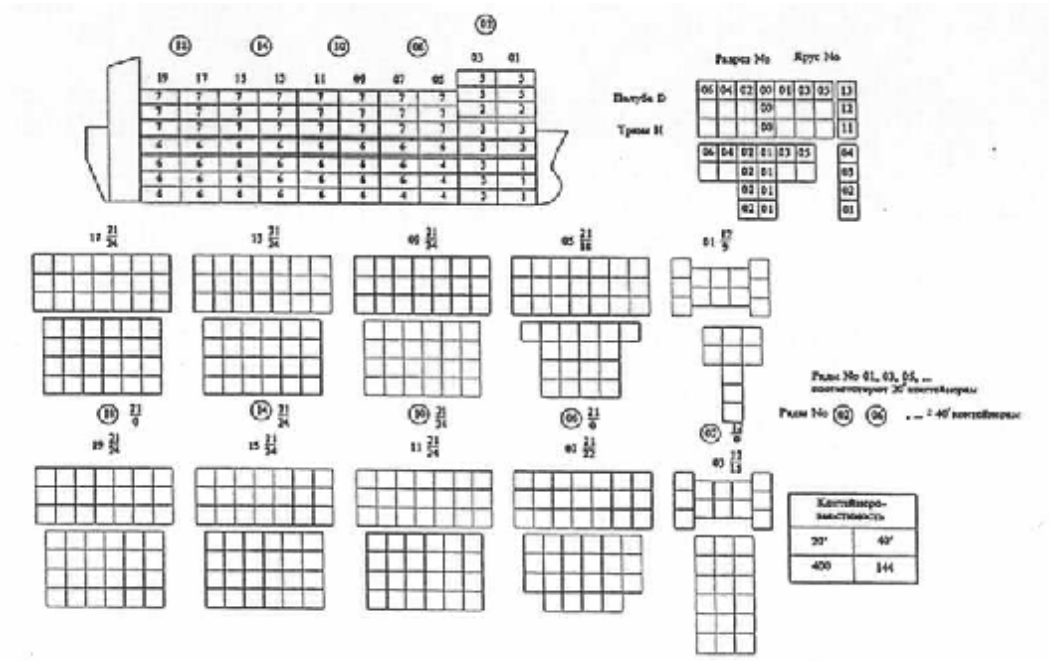


Рис. 3.23. Бланк грузового плана контейнеровоза

Основным руководящим документом, регламентирующим установленные в данном порту технологические процессы перегрузки всех грузов по различным технологическим схемам погрузочно-разгрузочных работ, являются **рабочие технологические карты** (РТК). Их составляют по единой унифицированной форме для определенного груза или группы однородных в технологическом отношении грузов. Они должны охватывать всю номенклатуру грузопереработки и все применяемые в порту технологические схемы погрузочно-разгрузочных работ.

Наименование предприятия	РТК ПЕРЕГРУЗКИ		«УТВЕРЖДАЮ» Генеральный директор предприятия «___» _____ г.	РТК № 101.0 Взамен
	ГРУЗЫ В ТКАНЕВЫХ, СИНТЕТИЧЕСКИХ И БУМАЖНЫХ МЕШКАХ НЕОПАСНЫЕ: крупа, мука, сахар-песок, сахар-сырец, кофе, какао-бобы, пряности.картофель, цемент, карбамид и т.д. ОПАСНЫЕ: мука рыбная - 4234, 4235,9030, удобрения аммиачно-нитратные - 5123, 9023, селитра аммиачная - 5122, диаммоний фосфат - 8151, асбесты - 9014 и т.д.	Характеристики груза: Масса: до 100 кг Длина: до 1025 мм Ширина: до 700 мм Высота: до 320 мм		

ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

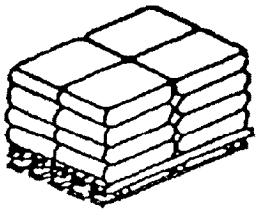
№ пп. варианта	Код варианта	Наименование варианта работы	Класс груза	Количество рабочих/машин по варианту работы (чел./маш.)	Производительность варианта работы (т/см.)
1	2	3	4	5	6
1		Судно—Вагон (и обратно)	М-50 М-80 М-102	18/4—20/6	220—240 213—230 215—230
2		Судно—Автомашина (и обратно)	—"—	18/4—20/6	220 215 215
3		Судно—Судно (и обратно)	—"—	11/1	212 208 208
4		Судно—Склад (и обратно)	—"—	12/4 -14/5	200 195 195
5		Склад—Вагон (и обратно)	—"—	8/2—9/3	180 190 190
6		Склад—Автомашина (и обратно)	—"—	3/1	108 78 82
7		Вагон—Автомашина (и обратно)	—"—	6/—	108 78 82

Примечание
1. В вариантах №№ 1, 2, 5 загрузка груза производится одновременно в два вагона (автомашины)
2. В вариантах №№ 1, 2 минимальное количество док.-мех. указано при загрузке вагона у штабеля, в зоне работы крана; максимальное - при загрузке вагона в тыну (для транспортировки груза используются два АП)
3. В варианте № 4 максимальное количество док.-мех. указано при нахождении склада на значительном расстоянии от причала (для транспортировки используются тягачи или автомашины)
4. При использовании гребенчатых поддонов в вариантах №№ 1, 2, 5 численность док.-мех./машины уменьшается на пять человек

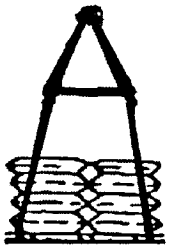
ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

№ пп.	Код ПТО	Наименование ПТО	Грузоподъемность (т)	Количество единиц ПТО по вариантам работы						
				1	1	1	1	1	1	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		Крак крюковой	5,0—20,0	1	1	1	1	—	—	—	
2		Погрузчик складской с вилочным захватом	2,0—7,0	2	—	—	2	2	1	—	
3		Погрузчик грюмный с вилочным захватом	1,5—4,0	1	1	1	1	—	—	—	
4		Погрузчик вагонный с ВЗ (МШЗС)	1,0—1,5	2	2	—	—	2	—	—	
5		Захват многоштыревой со сталкивателем	0,8—1,4	2	2	—	—	2	1	—	
6		Тягач автомашина	—	—	—	—	1/3	—	—	—	
7		Ролл-трейлер 20—40-футовый	20,0—60,0	—	—	—	3	—	—	—	
8		Крановая подвеска для поддонов	3,2	1	1	1	1	—	—	—	
9		ГЗП для опускания АП	3,0—10,0	1	1	1	1	—	—	—	
10		Вагонный стол	3,0—5,0	2	2	—	—	—	—	—	
11		Вагонный трап	5,0	2	2	—	—	2	2	1	
12		Роликовая тележка	2,0—3,5	2	2	—	—	2	2	2	
13		Стремянка (приставная лестница)		по потребности							
14		Поддоны гребенчатые, универсальные	3,2	по потребности							
15		Бортовые сетки (брезент, клопрьки)		по потребности							
16		Ручные цепки для тканевых и полипропиленовых мешков		по потребности							
17		Сепарационный материал (бумага, доски и т.п.)		по потребности							
18		Средства крепления (стойки, сетки, щиты и т.п.)		по потребности							
19		СИЗО (К1, К2, Д2, Д4 и т.д.)		по потребности							
20		СИЗА (К1, К2, К3, К4, Д4, Д5, Д10 и т.п.)		по потребности							

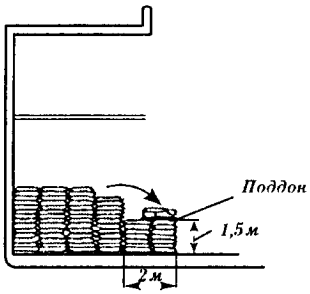
№ извещения об изменении Дата внесения					Всего страниц страница	6 1



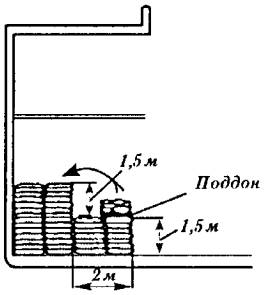
Размещение мешков на гребенчатом поддоне «делимым пакетом»



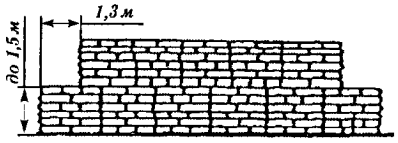
Застропка поддонов крановой подвеской



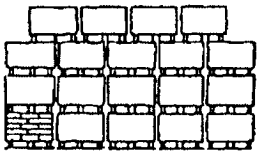
Выгрузка груза из подпалубного пространства



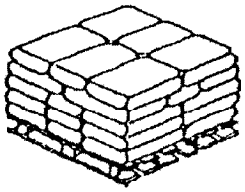
Загрузка подпалубного пространства судна



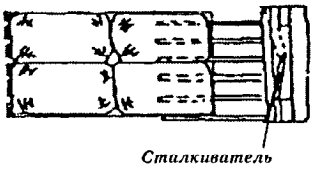
Поштучное формирование складского штабеля



Формирование складского штабеля на поддонах



Размещение груза в синтетической таре (карбамида) на поддоне



Расформирование груза с гребенчатого поддона АП с многоштыревым захватом

Выкладка из поддонов

Грузы в мешках

Всего страниц	6
страница	2

1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1.1. Приемы труда по застропкс-отстропкс лодоонов, открытию-закрытию дверей вагонов, опусканию-подъему АП, уборке сепарации, подготовке рабочего места и другие вспомогательные операции используются, основываясь на «Местных инструкциях по типовым способам и приемам работ» (МИТС).

1.1.2. Мешки перегружаются на универсальных или гребенчатых поддонах.

1.1.3. Мешки размещаются на поддонах в соответствии с МИТС«четвериком», «пятериком», «шестериком» и т. п.

На гребенчатых поддонах целесообразнее укладка в виде делимого на две равные часта пакета (рис. 1).

1.1.4. Поддоны застропливаются крановой подвеской для поддонов (рис. 2). Допускается застропка двух груженых поддонов, установленных устойчиво друг на друга.

2. СУДОВАЯ ОПЕРАЦИЯ

2.1. РАЗГРУЗКА СУДНА

2.1.1. Штабель в трюме расформировывается поярусно с углублением до 1,5 м.

2.1.2. В случае, когда до пайола остается до 3 м по высоте, мешки выгружаются из подпалубного пространства вилочным погрузчиком г/п 1-4 т. Док.-мех. углубляются до пайола уступом. Высота уступа – до 1,5 м, ширина – не менее 2 м (рис. 3).

На просвет трюма опускается вилочный АП, с помощью которою поддон устанавливается на уступ для формирования «подъема». Водитель АП захватывает груженый поддон и транспортирует на просвет трюма, где док.-мех. производят его эастропку,

2.2. ЗАГРУЗКА СУДНА

2.2.1. Мешки с поддона расформировываются вручную и перекладываются в штабель послойно либо уступом высотой до 1,5 м и шириной до 2 м.

При необходимости док.-мех. укладывают сепарацию на пайол (ранее погруженный груз) или укрывают металлические поверхности судового набора бумагой и т. п.

2.2.2. Подпалубные пространства загружаются вилочным АП г/п 1-4 т, Водитель АП транспортирует груженый поддон к месту формирования штабеля и устанавливает его на пайол или сформированный уступ (высотой не более 1,5 м, шириной – не менее 2 м). Док.-мех., находясь на пайоле (уступе), расформировывают поданный поддон (рис. 4).

3. КОРДОННАЯ И ПЕРЕДАТОЧНАЯ ОПЕРАЦИИ

3.1. ОТСТРОПКА ГРУЗА

3.1.1. Крановщик удерживает «подъем» над причалом (эстакадой, вагонным столом), док.-мех. разворачивают его в нужное положение, и крановщик плавно опускает груз.

3.1.2. Док.-мех. производят отстропку груженых или порожних подонов.

3.2. ЗАСТРОПКА ГРУЗА

3.2.1. Крановщик опускает ГЗП, док.-мех. застропливают 1-2 груженых поддона, установленных устойчиво друг на друга, или стопку порожних.

3.2.2. Крановщик переносит «подъем» по назначению.

4. ВНУТРИПОРТОВАЯ ТРАНСПОРТНАЯ ОПЕРАЦИЯ

4.1. ТРАНСПОРТИРОВКА АП, РТ(АМ)

4.1.1. Водитель вилочного АП захватывает 1-2 груженых поддона, установленных друг на друга в устойчивом положении, и транспортирует по назначению.

4.1.2. При транспортировке на РТ (АМ) груженые поддоны устанавливаются с помощью АП в 1 ярус по высоте и 1-2 подана по ширине.

По указанию производим работпри необходимости груз крепится на РТ (АМ) сешми, стойками, щитами.

4.1.3. По окончании загрузки водитель ТГЧ (АМ) транспортирует груз по назначению.

5. СКЛАДСКАЯ ОПЕРАЦИЯ

5.1. ФОРМИРОВАНИЕ ШТАБЕЛЯ

5.1.1. Водитель АП подвозит груженые поддоны и устанавливает их устойчиво друг на друга.

Всего страниц	6
страница	3

5.1.2. Высота штабеля — до 3-4 пакетов. После 2-3 пакетовпо высоте в штабеле делается уступ шириной в 1 пакет со стороны по направлению штабелирования и в полпакета с двух других егосторон (рис. 5).

5.1.3. При отсутствии поддонов складирование производится поштучно, уступообразно. Высота уступа – до 1,5 м, ширина – неменее 1,3 м.

Крайние мешки в штабель укладываются клеткой («пятериком»).

Внутри штабеля мешки четного ряда укладывают вдоль штабеля, нечетного-поперек.

Высота складирования должна быть не более 4 м для джутовых мешков, 3 м – для бумажных мешков, 2,5 м – для синтетических (рис. 6).

5.2. РАСФОРМИРОВАНИЕ ШТАБЕЛЯ

5.2.1. Водитель АП захватываете штабеля 1-2 установленныхдруг на друга груженых поддона и, убедившись в их устойчивости, транспортирует по назначению.

5.2.2. Штабель без поданов расформировывается вручную.

6. ВАГОННАЯ ОПЕРАЦИЯ

6.1. ЗАГРУЗКА ВАГОНА АП С МНОГОШТЫРЕВЫМ ЗАХВАТОМ

6.1.1. Водитель АП заводит штыри захвата между ребрами гребенчатого поадона (рис. 7), захватывает груз и транспортирует в вагон, где укладывает сталкивателем горизонтальными рядами.

6.1.2. При использовании универсальных поддонов док.-мех. вручйую перекладывают 6-8 мешков с поддона на штыри захвата, после чего водитель производит механизированную загрузку вагона.

6.2. ЗАГРУЗКА ВАГОНА АП С ВИЛОЧНЫМ ЗАХВАТОМ

6.2.1. Водитель АП транспортирует поддон с грузом в вагон и устанавливает к месту уклада (на пол, уступ штабеля или выкладку из поданов).

6.2.2. Док.-мех. вручную перекладывают мешки с поддона в штабель.

6.2.3. Верхние ярусы в вагоне загружаются с уступа высотой до 1,5 м от пола вагона и шириной – не менее 2 м.

6.3. ЗАГРУЗКА ВАГОНА ВРУЧНУЮ

6.3.1. При отсутствии АП грузы в мешках загружаются в вагон вручную. Для их транспортировки рекомендуется использовать роликовые тележки и поданы по аналогии с изложенным в пп. 7.1.5–7.1.7.

6.4. РАЗГРУЗКА ВАГОНА

6.4.1. Водитель АП устанавливает порожние поддоны к просвету двери (рис. 8) или в вагоне непосредственно к месту расформирования штабеля.

При выгрузке мешков с верхних ярусов (свыше 1,5 м) загружаемые поддоны устанавливаются на выкладку из 4-8 поданов или на уступ штабеля шириной не менее 2 м.

6.4.2. Док.-мех., находясь на уступе (выкладке), перекладывает мешки со игсабщ на загружаемый подан.

Груз в мешках укладывается и размещается на подонах «четвериком», «пятериком», «шестериком» и т. п. в соответствии с МИТС.

Грузы в синтетических мешках (карбамид и т. п.) рекомендуется укладывать «шестериком» в перевязку в четвертом и пятом ряду (рис. 9).

6.4.3. По окончании укладки водитель АП транспортирует поддон с грузом на эстакаду (вагонный стол и т. п.) или устанавливает его на РТ (АМ).

6.4.4. Расформировывается штабель в вагоне равномерно в обе стороны от дверей.

6.5. РАЗГРУЗКА ВАГОНА ВРУЧНУЮ

6.5.1. При отсутствии АП выгрузка груза из вагона в АМ может производиться вручную.

После освобождения дверного проема рекомендуется для перемещения использовать роликовые тележки и поданы.

7. АВТОТРАНСПОРТНАЯ ОПЕРАЦИЯ

7.1. ЗАГРУЗКА КРЫТЫХ АМ

7.1.1. Крытые АМ загружаются с вагонного стола или у специально оборудованной эстакады с помощью роликовой тележки.

Всего страниц	6
страница	4

7.1.2. Приемы работ по загрузке АМ погрузчиками аналогичны в пп. 6.1 и 6.2.

7.1.3. Возможность и условия работы АП в кузове АМ определяет производитель работ по согласованию с водителем АМ.

7.1.4. Въезжают АП в кузов АМ (выезжают из кузова) по закрепленному трапу.

7.1.5. При использовании роликовой тележки водитель АП устанавливает поддон с грузом на тележку в просвете двери кузова АМ.

7.1.6. Док,-мех. подкатывают груженую тележку к месту укладки груза в кузове АМ и перекладывают мешхи в штабель.

7.1.7. Порожние подцоны выкатываются на тележке к дверям кузова АМ и убираются АП.

7.2. ЗАГРУЗКА ОТКРЫТЫХ АМ

7.2.1. При загрузке открытых АМ водитель АП транспортирует поддон с грузом к открытому борту АМ и устанавливает его в кузов; док.-мех. перекладывают мешки с подоона в кузов АМ.

8. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

8.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

8.1.1. Все движения крана производятся по командам сигнальщика.

8.1.2. Поднимаются док.-мех. на вагонные столы, РТ, в кузов АМ (спускаются с них) по стремянкам (приставным лестницам).

8.1.3. Если мешки скользкие, окаменелые и не обеспечивается их устойчивое положение на поддоне, перегрузка производится на синтетических или растительных стропах согласно РТК №102.0.

8.1.4. При перегрузке опасных грузов производитель работв соответствии с Правилами МОПОГ идр, руководящими документами определяет свойства груза, совместимость, порядок размещения, СИЗО, СИЗА, дополнительные меры по охранетруда, противопожарной и медицинской безопасности.

8.1.5. При перегрузке нижеуказанных опасных грузов в обычных/аварийных условиях используются следующие СИЗО/СИЗА:

– мукарыбная»К1,Д2/К4,Д5;
– удобрения аммиачно-нитратные – К1, Д2/К2, Д5;
– диаммокийфосфат – К2, Д4/К3, Д10;
– асбесты – К1/К1, Д4.

8.1.6. Для предупреждения повреждения рук грубой мешко тарой применяются рукавицы или перчатки.

8.1.7. При наличии вентиляционных каналов (зазоров) в грузовых помещениях док.-мех. дошы перемещаться с осторожностью, чтобы не ступить в эти каналы (зазоры),

9. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

9.1.1. Укладка груза в вагоне и порядок его размещения производятся в соответствии с рерждeнными схемами.

9.1.2. Возможность использования ручных цапок соответствующей конструкции на грузах в прочнш мешхах, если исключается при этом повревдние тары и содержимого, определяет производитель работ.

Цапки применяются только для подхвата мешков снизу. Запрещается использовать цапки на грузах в бумажных мешках, а также использовать их для стаскивания со штабеля и вдергивания зажатых мешков,

9.1.3. При перегрузке продовольственных товаров рабочие места, перегрузочное оборудование и спецодежда доклмех, должны быть чистыми, исключающими загрязнение и повреждение груза.

9.1.4. Чтобы исшчтъ падение мешков в воду, между бортом судна и причалом навешиваются сетки (брезенты или козырьки) в соответствии с МИТС.

9.1.5. По мере выгрузки груза и освобождения судового набора док.-мех, снимают и убирают сепарационный материал (бумагу, пленку, циновки, доски и т. п.), а шхе собирают втару высыпавшийся из мешков груз.

9.1.6. При погрузке опасных грузов подклассов 4.1 и 4.2 должно быть тщательно проверено состояние груза и упаковки, проконтролировано – не подмочены ли они водой, маслами, нефтепродуктами и др. веществами.

Грузовые операции во время атмосферных осадков должны быть остановлены, люковые крышки – закрыты.

Всего страниц	6
страница	5

9.1.7. Перед погрузкой опасных грузов класса 5 грузовые помещения догскныбытъ очищены, а в необходимее случаях — промыты.

9.1.8. При перевозке аммиачной селитры и удобрений в бумажных мешках обязательно соблюдение следующих требований:

– мешки должны укладываться от борта, вплотную к рыбинсам;

— между поперечными переборками и грузом оставляется свободное пространство шириной 200-450 мм;

— вдоль судна в диаметральной плоскости от переборки до переборки на всю высоту трюма оставляется проход шириной 450 мм.

Такой же проход должен быть оставлен поперек трюма в средней его части от борта до борта;

– между верхним рядом мешков и нижними кромками бимсов оставляется пространство не менее 450 мм.

Всего страниц	6
страница	6

№ пп	Должность	ФИО	Подпись	Дата	Подразделение, согласующее документ	Подпись руководителя	Дата
1						-	
3							
3							
4							

В связи с тем, что грузы, типы судов, технические средства разгрузки или погрузки не одинаковы, всякий технологический перегрузочный процесс можно разделить на три основные производственные операции:

– подготовка груза и подача его на перегрузочные механизмы со склада, судна или из вагона;

– перемещение груза перегрузочными механизмами;

– прием от механизмов и укладка груза на судне, складе или в вагоне.

Производительность перегрузочных механизмов должна быть согласована. Неодинаковая интенсивность операций – недостаток технологического процесса.

Производительность современных перегрузочных машин, используемых на перегрузке судов, достаточно велика, и общая интенсивность обработки судна в настоящее время лимитируется интенсивностью трюмных и вагонных работ. При обработке судов должна быть обеспечена такая интенсивность всех операций, при которой максимально используется производительность перегрузочных машин. Этим достигается непрерывность потока грузов, выгружаемых из судна или подаваемых на него, и исключаются простои перегрузочных машин в ожидании грузов.

Для создания непрерывного потока грузов следует по возможности расширять фронт работы каждого крана. Для этого в трюме заготавливают одновременно несколько подъемов, железнодорожные вагоны устанавливают в зоне действия крана так, чтобы грузы можно было подавать к вагонам поочередно и при этом кран работал непрерывно.

Количество транспортных единиц, обслуживающих кран, а также график их работы, определяется с таким расчетом, чтобы обеспечивался непрерывный поток грузов и не было простоя кранов.

В ряде случаев целесообразна обработка судов с двух бортов, при этом, помимо обычных перегрузочных машин, обслуживающих судно с берега, применяются плавучие краны, судовые стрелы и другие машины, подающие груз со второго борта на баржи, понтоны.

Наиболее распространенной является обработка судна перегрузочными машинами, количество которых равно числу люков на судне. Следовательно, число перегрузочных линий в этом случае равно числу люков на судне. Перегрузочные машины на обработке судна работают неодинаковое время. При однородном грузе машина, прикрепленная к наименьшему трюму, освободится раньше, чем машины, закрепленные за большими трюмами. Последней освободится машина, работающая на наибольший трюм, время обработки которого определяет время обработки судна в целом.

Однако иногда рациональнее обработать судно машинами, количество которых определяют, исходя из среднего расчетного числа одновременно работающих люков, равного отношению всего количества выгружаемого или погружаемого однородного груза к количеству грузов наибольшего трюма. В этом случае необходимое количество основных перегрузочных машин будет обычно меньше общего числа люков на

судне. Если груз неоднороден, то число машин при этом способе должно быть равно среднему расчетному числу одновременно работающих люков, исчисленному по времени как отношение суммарных затрат люко-часов, необходимых для обработки всех люков, к продолжительности обработки трюма, требующего наибольших затрат времени.

При обработке судна основными перегрузочными машинами, количество которых равно среднему расчетному числу одновременно работающих люков, требуется меньше машин и рабочих. При этом судо-суточная норма обработки судна будет, хотя и незначительно, но меньше из-за неизбежных перестановок машин от одного люка к другому. Однако в результате будет получена экономия по порту вследствие меньшего количества машин и рабочих и убыток по флоту из-за некоторого снижения судо-суточных норм и, соответственно, увеличения стояночного времени судна под грузовыми операциями. Отсюда, первый вариант будет приемлем тогда, когда получаемая экономия в расходах по порту будет больше возникающего при этом убытка по флоту.

Во многих случаях интенсивная обработка судов не может вестись машинами, количество которых определено изложенными способами, так как время стоянки судов под грузовыми операциями зависит от степени неравномерности его трюмов и неоднородности груза. Интенсивная обработка судов преследует цель сокращения стояночного времени до минимума независимо от неравномерности трюмов или неоднородности груза.

Очевидно, это можно достигнуть только обработкой судна основными перегрузочными машинами, количество которых превышает число люков на судне. Потребное количество перегрузочных машин в данном случае определяется превышением получаемой по судну экономии, за счет сокращения стояночного времени над увеличением затрат по порту в результате использования большого количества машин и портовых рабочих. Следует отметить, что затраты по порту при интенсивной обработке судна в большой степени зависят от организации работы и в первую очередь от максимального использования производительности дополнительных перегрузочных машин.

Как указывалось выше, основным видом перегрузочных машин в отечественных портах являются портальные краны благодаря их высокой производительности. Для максимального использования кранов необходимо:

1) сокращать длительность их цикла путем совмещения движений (подъем, поворот и изменение вылета стрелы), сокращения пути переноса груза и достижения наибольших скоростей движения;

2) применять усовершенствованные захватные устройства для штучных и навалочных грузов. С тем, чтобы вес груза в каждом подъеме достигал максимально возможного в данных условиях (с учетом грузоподъемности крана, рода груза, размеров люков и т. п.); для облегчения труда рабочих и сокращения до минимума времени, необходимого на присоединение или снятие захватных устройств с гака крана;

3) поддерживать в хорошем техническом состоянии перегрузочные машины путем правильной технической эксплуатации и своевременного ремонта.

При погрузочных операциях транспортерными установками в качестве вспомогательных механизмов необходимо применять грейферные краны и другие погрузочные машины, добиваясь высокой производительности транспортеров. Для увеличения загрузки основного транспортера следует применять, когда это возможно, систему питателей.

Организация погрузочно-разгрузочных работ должна быть построена так, чтобы достигнуть максимальной интенсивности грузовых работ при обработке данного судна с конкретными грузами.

Во время подготовки к обработке конкретного судна необходимо:

– расставить перегрузочные машины в соответствии с технологическим процессом;

– подготовить необходимое количество приспособлений, захватных устройств, вспомогательного оборудования и инвентаря;

– согласовать с железной дорогой график подачи и уборки вагонов;

– подготовить склад к приему и выдаче грузов;

– подготовить внутрипортовый транспорт для отвоза грузов или подвоза их к судну;

– выдать задания оперативным и складским работникам, а также портовым рабочим, проинструктировать и расставить их.

При обработке судов по четко разработанной технологии непрерывного потока грузов, хорошей организации отвозки грузов от судна повреждение грузов или смешение марок исключается.

Для достижения высокого качества перевалки грузов необходимо:

– в технологическом процессе обработки судна предусматривать применение оптимальных захватных приспособлений, способов складирования и транспортировки грузов;

– строго выполнять правила перевозки и складирования грузов;

– обеспечивать правильную укладку грузов на складах и в железнодорожных вагонах по сортам, маркам и коносаментам в соответствии с технологической картой.

Под интенсивной обработкой судов понимается не только их скоростная разгрузка-погрузка, но и полная обработка в порту, включая все вспомогательные операции, т. е. должно быть достигнуто общее сокращение стояночного времени судна.

Получив информацию-заявку от судовладельца, разработав ПОС и включив судно в план работы порта, сотрудники порта приступают к подготовке обработки судна.

Подготовка к разгрузке-загрузке судна состоит в следующем:

– разработка грузового плана при погрузке судна, выбор причала для постановки судна;

– подготовка складов и барж портофлота, используемых как складская емкость, для временного хранения груза;

– определение мест складирования грузов животного происхождения и огнеопасных грузов;

– выяснение возможностей железнодорожной станции по обеспечению порта порожняком и подача заявок на него;

– получение информации о наличии груженых вагонов и установление сроков их подачи к фронтам выгрузки;

– выяснение возможности выделения автотранспорта и подача заявок на него;

– подготовка подъемно-транспортных машин и технологической оснастки;

– подготовка инвентаря, сепарационных и крепежных материалов и заблаговременная доставка их к причалу;

– расчет необходимого количества рабочей силы и подача заявок на нее;

– подготовка причала к приему судна (отвод плавсредств, освобождение от груза, расстановка кранов), осмотр груза на предмет готовности его к отгрузке;

– уточнение технологии перегрузки тяжеловесных грузов, предварительная концентрация на МГФ грузов, подлежащих погрузке;

– получение разнарядок на экспортные грузы и поручений на импортные и согласование сроков завоза грузов местной клиентурой.

Кроме того, устанавливают порядок ввода или вывода судна из порта и согласовывают сроки выполнения работ по судну с организациями, не находящимися в административном подчинении порта. Все основные вопросы организации обработки судна разрабатывают и излагают в технологическом плане-графике его обработки.

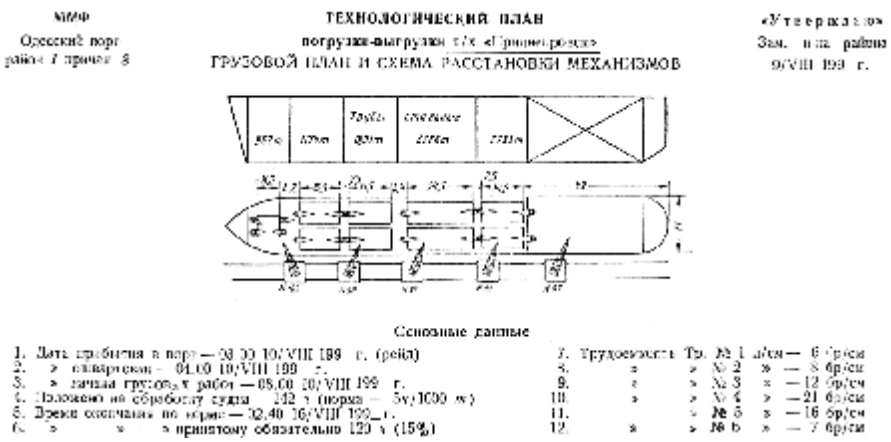


Рис. 3.24. Технологический план погрузки-выгрузки судна

Ни одно судно не может быть обработано в порту без руководителя-стивидора. К стивидорным относят работы по подготовке и организации загрузки-разгрузки и обслуживанию судов, разработке технологического план-графика обработки судна (ТПГОС), оформление грузовой и транспортной документации, а также

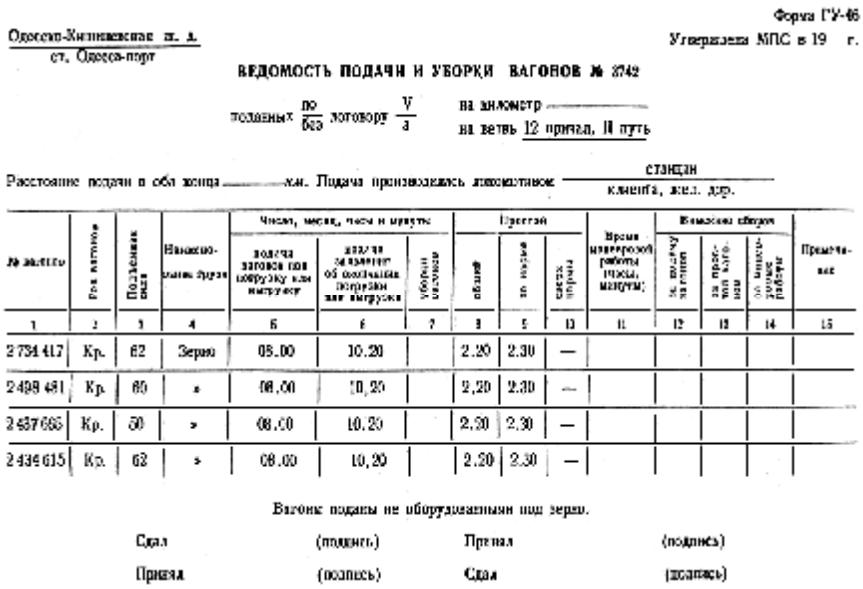
работы по загрузке и разгрузке по прямому варианту железнодорожных вагонов, барж и автотранспорта. Стивидорные работы осуществляет штат стивидоров, работающих под руководством и контролем заместителя начальника района (грузового терминала) по эксплуатации.

Штат стивидоров состоит из старших и сменных стивидоров, закрепленных определенной группой причалов и специализирующихся на перегрузке определенных грузов или грузов одного направления.

Старший стивидор имеет в своем подчинении три-четыре сменных стивидора, он представляет порт на судне и является ответственным руководителем и организатором работ по этому судну. До прибытия судна в порт старший стивидор принимает участие в подготовке порта к обработке судна, участвует в составлении грузового плана, разрабатывает ТПГОС, подготавливает причал к приему судна, контролирует подготовку складов к приему и выдаче грузов, составляет заявки на вагоны, средства механизации, инвентарь, рабочую силу. Далее старший стивидор организует и руководит погрузочно-разгрузочными работами и обеспечивает обслуживание судна в течение всего периода обработки, согласовывает с администрацией судна схему и способы крепления грузов.

Сменный стивидор работает под руководством старшего стивидора. Во время отсутствия на судне старшего стивидора сменный выполняет его функции. Сменный стивидор на своей смене оперативно подчинен сменному диспетчеру района. Он является производителем грузовых работ, который непосредственно руководит работой бригад и имеет право прекращать работу на судах и вагонах, если судно и представители железнодорожной станции действуют вопреки правилам перегрузки грузов, отстранять от работы находящихся в его подчинении рабочих, нарушающих технологию перегрузки и правила безопасности труда.

Перед началом смены сменный стивидор должен проверить исправность технологической оснастки и ее соответствие действующей технологии, проинструктировать рабочих по вопросам безопасности труда и технологии перегрузки, совместно с бригадиром расставить рабочих по объектам работ, указать места и способы укладки груза. Во время смены он организует работу в соответствии с утвержденной технологией и ТПГОС так, чтобы не было простоев рабочих, машин и транспорта, контролирует качество и интенсивность работы бригад, организует получение груза со склада, вовремя подает заявки на переподачу вагонов, замену перегрузочных машин и грузозахватных приспособлений и инвентаря, руководит погрузкой-выгрузкой и креплением-раскреплением грузов.



Форма ГУ-46

Одесско-Кишиневская ж. д.
ст. Одесса-порт

Утверждена МПС в 19 г.

ВЕДОМОСТЬ ПОДАЧИ И УБОРКИ ВАГОНОВ № 8742

поданных по/без договору V/a на элеватор ——
на ветвь 12 причал, II путь

Расстояние подачи в оба конца ——км. Подача производилась локомотивом станции / клиента, жел. дор.

№ вагона	Род вагонов	Подъемная сила	Наименование груза	Часы, минуты и минуты: подача вагонов под погрузку или выгрузку	Часы, минуты: подача элеватору об окончании погрузки или выгрузки	Уборка вагонов	Простой: общий	Простой: по вине	Простой: сверх нормы	Время непроизводительной работы (часы, минуты)	Выписано сборов: за подачу вагонов	Выписано сборов: за простои вагонов	Выписано сборов: за непроизводительные работы	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2 734 417	Кр.	62	Зерно	08.00	10.20		2.20	2.30	—					
2 498 481	Кр.	60	»	08.00	10.20		2.20	2.30	—					
2 437 665	Кр.	60	»	08.00	10.20		2.20	2.30	—					
2 436 615	Кр.	62	»	08.00	10.20		2.20	2.30	—					

Вагоны поданы не оборудованными под зерно.

Сдал (подпись) Принял (подпись)

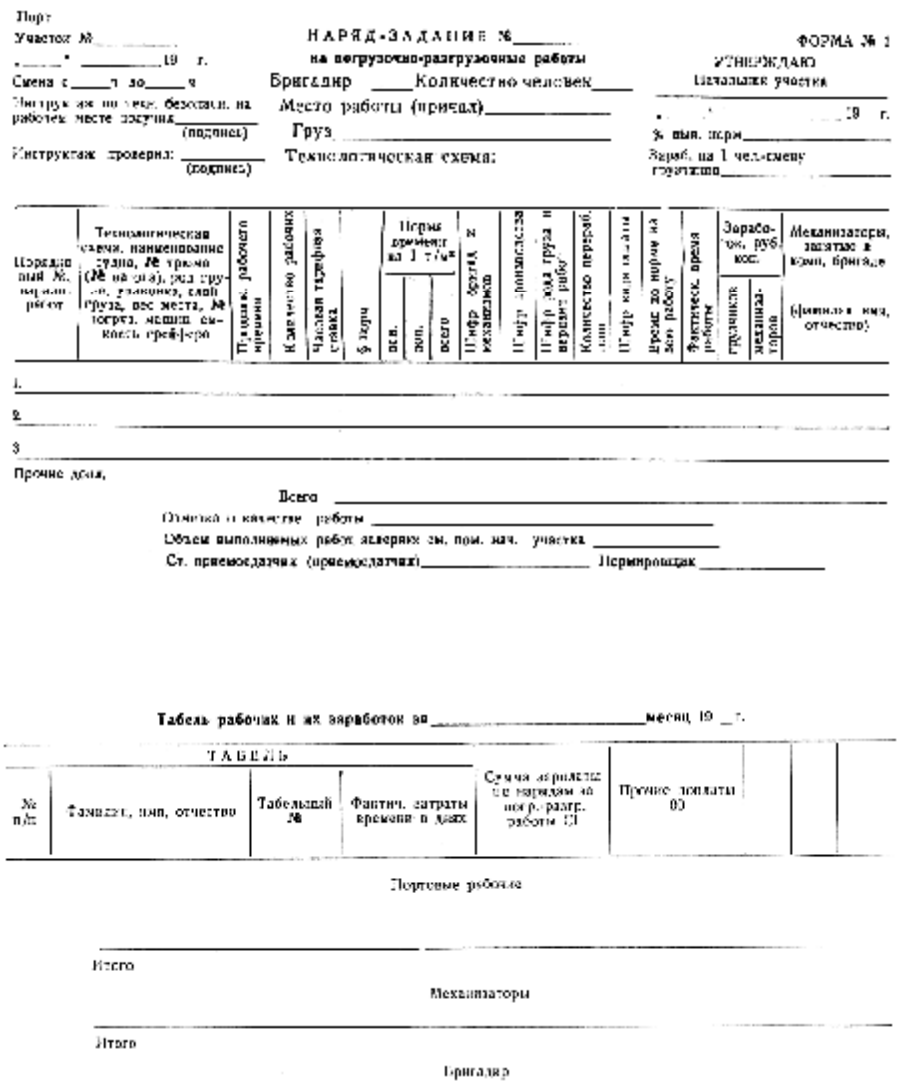
Принял (подпись) Сдал (подпись)

Рис. 3.25. Ведомость подачи и уборки вагонов

Одной из важнейших задач сменного стивидора следует считать подготовку работы очередной смены. За 2 ч до начала смены стивидор должен проанализировать положение дел по каждому трюму, сравнить его с заданием по ТПГОС и сменно-суточному плану и составить заявку сменному диспетчеру на рабочих, машины и транспорт. Стивидор при загрузке судна должен подобрать все поручения на грузы, которые будут грузиться в течение смены, установить место их нахождения и возможность получения со склада или возможности складов по приему груза при разгрузке судна. В случае невозможности, получения какой-либо партии груза со склада стивидор через сменного диспетчера должен организовать замену груза и продумать способы

его транспортировки. Уточнив все вопросы по организации смены, сменный стивидор информирует администрацию судна о предстоящей работе, согласовывает о ней план работы, дает заявку на судовые грузовые средства, открытие или закрытие люков с механическим приводом. Стивидор должен обеспечить подвоз сепарации и инвентаря силами рабочих предыдущей смены, а также открытие и закрытие люков трюмов.

После окончания смены стивидор осуществляет контроль за уборкой рабочего места, сдачей перегрузочных машин, технологической оснастки и инвентаря, заполняет наряды-задания на выполненную работу.


Порт
Участок №
Смена с часов до часов
Инструктаж по охране безопасн. на рабочем месте получил
(подпись)
Инструктаж проверил:
(подпись)

НАРЯД-ЗАДАНИЕ №
на погрузочно-разгрузочные работы
Бригадир Количество человек
Место работы (причал)
Груз
Технологическая схема:

ФОРМА № 1
УТВЕРЖДАЮ
Начальник участка
19 г.
% вып. норм
Заработ. на 1 чел-смену

Порядковый № наряда-задания	Технологическая схема, наименование судна, № трюма (№ на суда), род груза, упаковка, слип, груз, вес места, № погруз. машин, емкость грейфера	Продолж. рабочего времени	Количество рабочих	Часовая тарифная ставка	% норм	Нормы времени на 1 т/м³			Номер бригад. механизмов	Номер производства	Номер рода груза и вида работ	Количество перераб. груза	Номер кода оплаты	Время по норме на всю работу	Фактическ. время работы	Заработок, руб. коп.		Механизаторы, занятые в смене, бригаде
						вкл.	вып.	всего								грузчиков	механизаторов	(фамилия, имя, отчество)
1.																		
2.																		
3.																		

Прочие доп.
Всего
Отметка о качестве работы
Объем выполненных работ замерен см. пом. нач. участка
Ст. приемосдатчик (приемосдатчик) Перемещщик

Табель рабочих и их заработок за месяц 19 г.

ТАБЕЛЬ

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Табельный №	Фактич. затраты времени в днях	Сумма начислен. по нарядам на погр.-разгр. работы (1)	Прочие доплаты (2)			

Портовые рабочие
Итого
Механизаторы
Итого
Бригадир

Рис. 3.26. Наряд-задание на погрузочно-разгрузочные работы

В процессе исполнения своих обязанностей стивидор связан с большим кругом работников района, других хозяйств и управления порта, с должностными лицами смежных транспортных организаций, государственных контрольных органов и инспекций. Как правило, все указания по организации работ, по передаче и оформлению груза, по загрузке или разгрузке судна и многим другим возникающим вопросам старший стивидор получает от начальника района (руководителя грузового терминала), его заместителей по эксплуатации и складской части, старшего диспетчера, технолога и инженера по технике безопасности, а сменный стивидор – от старшего стивидора и сменного диспетчера.

Однако на практике часто возникают самые разнообразные вопросы и затруднения. Для их разрешения при отсутствии руководителей района стивидор должен обращаться к соответствующим должностным лицам. Он обязан знать, какие вопросы входят в компетенцию должностных лиц порта, смежных транспортных организаций, контролирующих органов с тем, чтобы правильно построить свои деловые отношения и оперативно разрешить затруднения со всеми участниками обработки и обслуживания судна.

Технологический план-график обработки судна (ТПГОС) – организационный документ, который определяет состав и последовательность выполнения мероприятий по подготовке и организации обработки судна. Назначение ТПГОС – своевременная и полноценная подготовка, и обработка судна в оптимальном

режиме, контроль за ходом грузовых и вспомогательных операций. ТПГОС составляют на все сухогрузные и наливные суда (за исключением судов, прибывающих на дозагрузку или доразгрузку со сталийным временем не более 12 ч или только за снабжением, а также судов портового флота, грузопассажирских, обрабатываемых клиентурой).

ТПГОС разрабатывают старшие стивидоры заранее, до подхода судна, согласовывают со старшим диспетчером района (выделение бригад докеров и подъемно-транспортной техники), старшим технологом (применение той или иной технологии при обработке судна) и инженером по технике безопасности (мероприятия по обеспечению безопасности труда). Утверждает ТПГОС начальник района или его заместитель по эксплуатации после согласования сроков обработки судна с главной диспетчерской. В портах, где есть отделы АСУ и ИВЦ, расчетную часть ТПГОС разрабатывают с привлечением ИВЦ.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПЛАН-ГРАФИК ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ СУДНА В ПОРТУ

Морской торговый порт
Район
Причал

Утверждаю
_____ порта (района)
19 г.

ГРУЗОВОЙ ПЛАН СУДНА

Судно

Приход по графику
Фактический приход
Отход в рейс

Время обработки
По плану
По норме
Фактическое
Экономия

Сменный план обработки судна по трюмам

Часы, время	Количество тонн	Трюм № 1 _____ т				Трюм № 2 _____ т				...	Всего				
		Наименование груза	Планово	Фактически	Количество механизмов	Наименование груза	Планово	Фактически	Количество механизмов		Планово	Фактически	Количество механизмов	Количество автопогрузчиков	Количество людей

Схема обработки

Указания по технологии

Указания по технике безопасности

График комплексной обработки судна

№ п/п	Наименование операций	Плановое время / Часы обработки судна / Количество операций		1–5 20–30	5–4 25–35	5–6 35–35	7–8 30–40	9–17 40–50	15–16 50–60	15–30	21–30	Перерыв по плану (причинам)		Ответственный исполнитель	Отметка о выполнении
												пл.	факт.		
1	Подготовка порта к обработке судна	план.													
		факт.													
2	Швартовные операции	план.													
		факт.													
3	Оформление прихода	план.													
		факт.													
4	Дезинфекция санитарной, хлебной и других шкасов	план.													
		факт.													
5	Ограждение рокладина и НПОС	план.													
		факт.													
6	Открытие (закрытие) трюмов	план.													
		факт.													

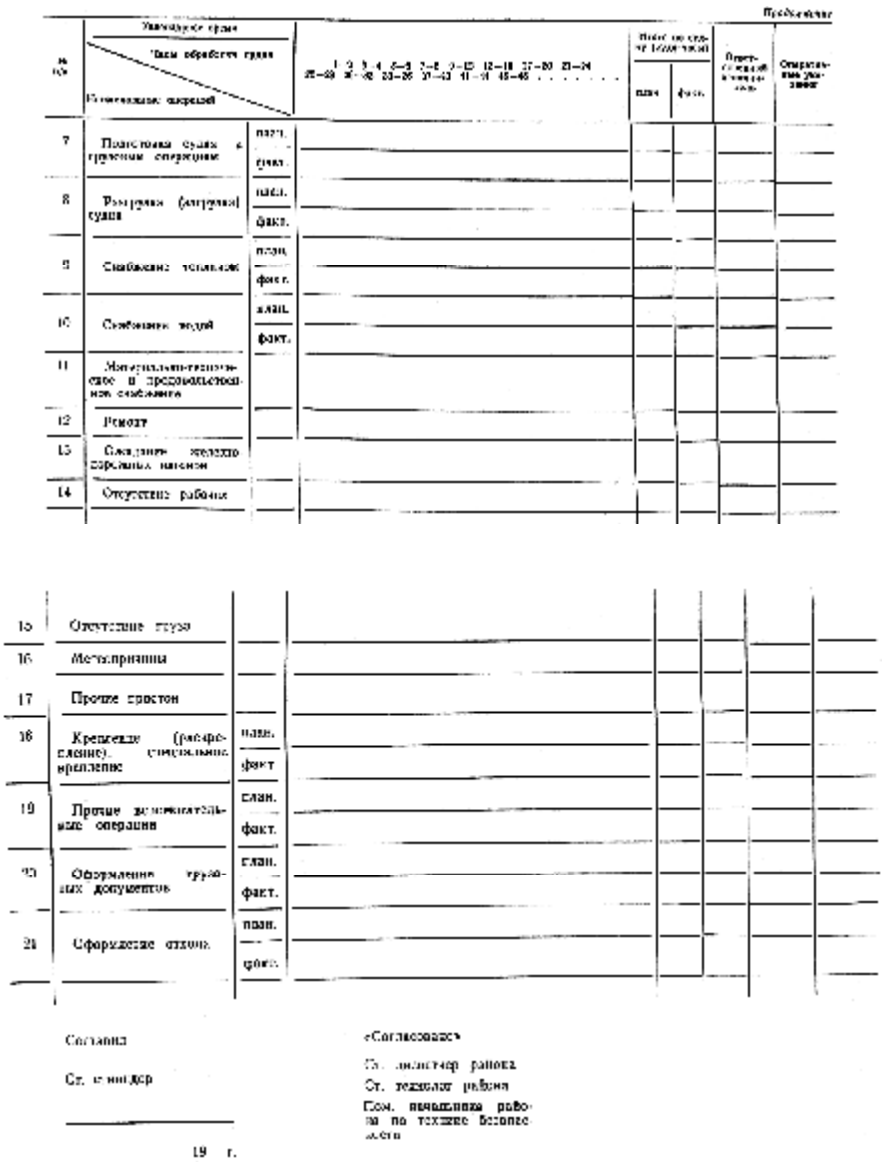


Рис. 3.27. Технологический план-график обработки судна (ТПГОС)

Во время обработки судна старший и сменные стивидоры вносят в соответствующие разделы ТПГОС сведения о фактическом ходе грузовых операций по сменам и сравнивают их с планом. В процессе обработки судна вследствие воздействия различных факторов возможны отклонения от плановой части графика.

В этом случае корректируют ТПГОС. Корректировку графика осуществляет старший стивидор по согласованию с заместителем начальника района по эксплуатации. Он устанавливает величину отклонений по каждому разделу плана-графика и намечает организационно-технические мероприятия по ликвидации отставания от плана (перераспределение плановых ресурсов, увеличение числа технологических линий, перенос сроков выполнения совмещаемых с грузовыми вспомогательных операций, изменение последовательности обработки грузовых помещений).

Непосредственными организаторами выполнения ТПГОС в части подготовки и организации погрузочно-разгрузочных работ, а также производства вспомогательных операций, выполняемых портом, являются старший стивидор и подчиненные ему сменные стивидоры, а в части прочих операций комплексного обслуживания судна – агенты судна. Общий контроль за выполнением ТПГОС осуществляет заместитель начальника района (грузового терминала) по эксплуатации, а в целом по порту – главная диспетчерская порта.

ТПГОС содержит следующие разделы:

1. Основные показатели обработки судна, к которым относятся сталийное время, продолжительность грузовых операций, интенсивность грузовых работ чистая и валовая, средняя за время обработки судна концентрация механизированных линий, применяемая для определения количества необходимых технических средств и рабочей силы.

2. Календарный план производства грузовых операций, который должен содержать объем перегрузки груза по грузовым помещениям, график работы механизированных линий, количество перегрузочного оборудования, транспортных средств и рабочей силы

3. Операции комплексного обслуживания судна. В этом разделе указывают наименование, продолжительность и сроки выполнения вспомогательных операций, выполняемых портом или с участием порта, а также осуществляемых другими организациями, но влияющих на перегрузочные работы (например, фумигация груза и т. п.). Продолжительность операций принимают по действующим нормам. При отсутствии норм на несовмещаемые с грузовыми вспомогательные операции, выполнение которых организует агент судна, продолжительность операций принимают по данным этих служб.

4. Особые указания по подготовке и организации обработки судна, которые предусматривают: мероприятия по подготовке складов, сепарационных и крепежных материалов; сведения об объеме грузовых работ по прямому варианту, о предварительной концентрации части груза в причальной зоне, об отвозе специфических грузов на склады других перегрузочных комплексов. Здесь же конкретно уточняют технологию перегрузки некоторых грузов (ящиков прочных и непрочных, бочек с разными буртиками и т.д.) и дают указания по безопасности труда.

5. Анализ обработки судна, который включает краткое описание фактов и причин отклонения от плана каждую смену, простоев и выводов о результатах обработки судна.

ТПГОС составляют и на суда, обрабатываемые на причалах специализированных перегрузочных комплексов.

Исходными данными для расчета плана-графика являются:

– грузовой план судна;

– рабочие технологические карты;

– действующие нормы на выполнение грузовых и вспомогательных операций;

– сведения о расположении грузов на складах и наличии свободных складских площадей;

– линейные, объемные, весовые и архитектурно-конструктивные особенности судна;

– технико-эксплуатационная характеристика причала и его оснащенность;

– заявки агента судна на снабжение судна водой, топливом, производство навигационного ремонта в процессе грузовых операций и других операций по комплексному обслуживанию судна.

Планы-графики рассчитывают в следующей последовательности:

1. Определение объема работы с каждым грузом по прямому, складскому вариантам и уточнение технологических схем по складским вариантам. Определяют, исходя из конкретной эксплуатационной обстановки, сколько и какого груза должно быть, перегружено через склад (и какой склад) и сколько – по прямому варианту. Далее в зависимости от использования тылового или прикордонного склада уточняют технологические схемы.

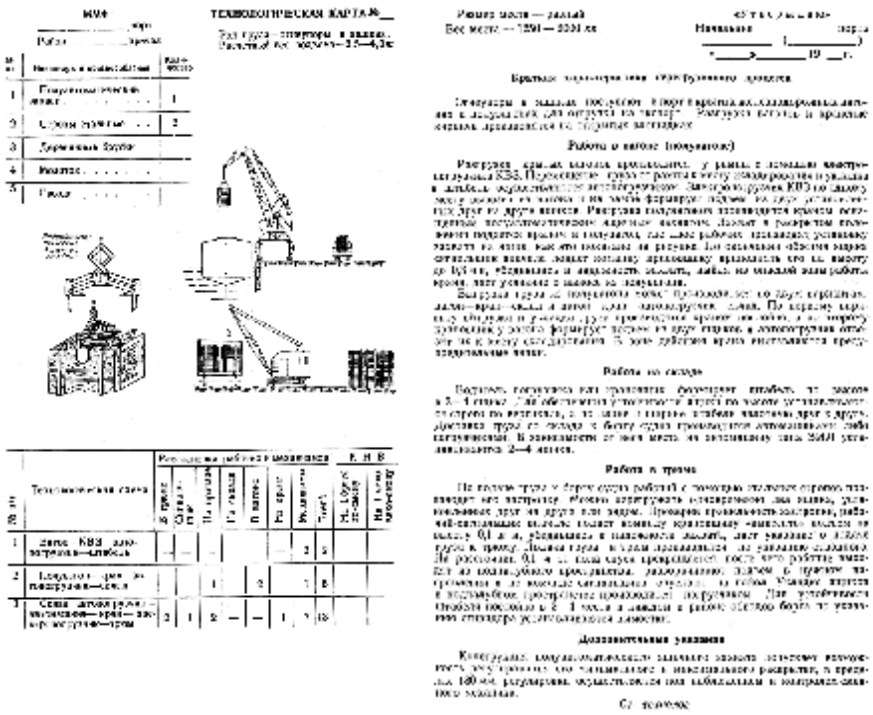


Рис. 3.28. Технологическая карта

2. Расчет потребного количества механизированных линий. Под механизированной линией понимают условную усредненную по грузам на судне технологическую линию. Количество таких линий при обработке судна равно числу занятых основных перегрузочных машин (как правило, выполняющих кордонную операцию).

При определении количества линий для обработки судна необходимо исходить из того, что их число должно обеспечить загрузку-разгрузку судна в сроки, установленные нормами в соответствии с планом работы порта.

Для расчета числа механизированных линий, прежде всего, по соответствующим рабочим технологическим картам (РТК) следует выбрать технологическую производительность по судовым вариантам работ для каждой технологической схемы и каждого груза. Так как перегрузка груза может осуществляться как по прямому, так и по складскому варианту работ, необходимо найти среднюю производительность $\overline{P_i}$, т/смену, для каждого груза по судовым вариантам работ:

$$\overline{P_i} = P_{i\,пр}\frac{q_{i\,пр}}{q_i} + P_{i\,скл}\frac{q_{i\,скл}}{q_i} \qquad (3.22)$$

где $P_{i\,пр}$, $P_{i\,скл}$ – технологическая для i-го груза производительность линии при перегрузке соответственно по прямому и складскому вариантам, т/смену;

$q_{i\,пр}$, $q_{i\,скл}$ – количество i-го груза на судне, перегружаемого соответственно по прямому и складскому вариантам, т;

q_i – количество i-го груза на судне, т.

Зная среднюю для каждого груза производительность по судовым вариантам работ, находят среднюю производительность линии, т/смену, при обработке всех грузов на судне в целом:

$$\overline{P_{суд}} = \overline{P_1}\frac{q_1}{\sum q_i} + \overline{P_2}\frac{q_2}{\sum q_i} + \ldots + \overline{P_n}\frac{q_n}{\sum q_i} \qquad (3.23)$$

где $\overline{P_1}$, $\overline{P_2}$, $\overline{P_n}$ – средняя для каждого i-го груза технологическая производительность линии, т/смену;

q_1, q_2, q_n – количество i-го груза на судне, т;

$\sum q_i$ – количество всех грузов на судне, т.

При перегрузке навалочных грузов возникает необходимость нахождения средней по количеству грузов на судне производительности линии не только по вариантам работ, но и по слоям. Расчет производят по

формуле (3.23), при этом q_1, q_2, q_n и соответственно $\overline{P_1}$, $\overline{P_2}$, $\overline{P_n}$ принимают для каждого слоя груза.

Рассчитав производительность механизированной линии, следует по Нормативной базе НПГРП для данного судна, порта и каждого груза найти укрупненную норму на загрузку-разгрузку и определить ее среднюю величину.

Средняя укрупненная норма грузовых работ, т/судо-ч:

$$\overline{M_i} = \overline{M_1}\frac{q_1}{\sum q_i} + \overline{M_2}\frac{q_2}{\sum q_i} + ... + \overline{M_n}\frac{q_n}{\sum q_i} \qquad (3.24)$$

где $\overline{M_1}$, $\overline{M_2}$, $\overline{M_n}$ – укрупненная норма грузовых работ для грузов каждой группы, перегружаемых на судне, т/судо-ч.

Число механизированных линий (нижний предел), позволяющих обрабатывать судно в срок при $\overline{P_{суд}}$ производительности одной линии:

$$n_{м.л}^{\min} = \frac{M \cdot t_{см}}{\tau \cdot \overline{P_{сут}}} \qquad (3.25)$$

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

τ – коэффициент, учитывающий перерывы в грузовых операциях (обед, пересмена и др.), $\tau = 0{,}8 \div 0{,}87$.

Полученное таким образом число механизированных линий не должно быть меньше нормативного, определенного по формуле (3.25). Если $n_{мл}$, полученное из этих источников, будет больше $n_{мл}^{\min}$, принимают $n_{мл}$.

При наличии в порту свободных производственных ресурсов или при необходимости досрочной обработки судна, число механизированных линий можно принять равным $n_{мл}^{\min} + 1$, что позволит обработать судно досрочно на 15–30 %.

3. Расчет времени грузовых работ по норме. Время грузовых работ по норме определяют по формуле (3.24) в последовательности, описанной выше.

4. Разработка календарного плана производства грузовых операций. Время грузовых работ на судне $t_{гр}$ по плану-графику зависит от производительности одной механизированной линии и их количества. При обработке судна может возникнуть два случая.

1) Количество механизированных линий $n_{мл}$ меньше количества люков на судне. В этом случае:

$$t_{гр} = \frac{\sum q_i \cdot t_{см}}{n_{м.л} \cdot \tau \cdot \overline{P_{сут}}} \qquad (3.26).$$

Это означает, что каждая механизированная линия будет работать одинаковое время, равное времени грузовых работ в целом по судну.

2) Количество механизированных линий $n_{мл}$ равно или больше количества люков на судне. В этом случае время грузовых работ по судну в целом будет равно времени грузовых работ на наибольшем по трудоемкости отсеке (если количество линий равно количеству люков) или наибольшего по времени обработки отсека (если количество линий больше количества люков). В случае, когда количество линий больше количества люков, предполагается, что дополнительная механизированная линия работает только на люке, где правила безопасности труда, допускают работу двух линий, поэтому перевод линии на другие люки невозможен. Для данного случая

$$t_{гр} = t_{гр\ i} = \frac{\sum q_j \cdot t_{см}}{\tau \cdot \overline{P_j}} \qquad (3.27),$$

где $t_{гр\ i}$ – время грузовых работ по наибольшему отсеку (j-му), ч;

$\sum q_j$ – количество груза в j-м отсеке, т;

$\overline{P_j}$ – средняя по судовым вариантам работ и количеству грузов в отсеке технологическая производительность механизированной линии, т/смену.

При составлении календарного плана по формуле (3.27) можно определить время грузовых работ в любом помещении.

Календарный план обработки судна содержит сведения о количестве груза, которое должно быть погружено или выгружено из каждого грузового помещения (отсека) в течение каждой смены, или иными словами является графиком работы механизированных линий.

Расчет и построение графика производят в следующей последовательности:

– определяют минимальное время грузовых работ при условии ввода в действие всех механизированных линий с момента начала загрузки или разгрузки судна до ее окончания с учетом времени на перерывы в работе и ввод внутритрюмной механизации;

– определяют время загрузки-разгрузки каждого трюма или время работы основной перегрузочной машины (портального крана);

– составляют таблицу расстановки основных перегрузочных машин (кранов);

– по данным таблицы строят график работы механизированных линий.

5. Расчет количества технических средств и рабочей силы. Количество рабочих, кранов, погрузчиков, прочих машин, инвентаря и грузозахватных приспособлений на одну механизированную линию принимают по действующим РТК.

При разных технологических схемах и грузах число рабочих из одной смены на все судно:

$$n_{р.см} = \sum n_{р\ i} \qquad (3.28)$$

Если перегружают однородный груз по одинаковым технологическим схемам, число рабочих для одной смены на все судно:

$$n_{р.см} = n_{р\ i}\, n_{мл} \qquad (3.29)$$

где $n_{р\ i}$ – число рабочих, направляемых на одну механизированную линию.

Количество рабочих на все время обработки судна:

$$n_{р.с} = \frac{t_{гр}}{t_{см}} \sum n_{р.см} \qquad (3.30)$$

Количество машин и инвентаря на смену и на судно рассчитывают так же, как и количество рабочих:

6. Расчет количества вагонов для обработки судна по прямому варианту. Общее число вагонов, необходимых для обработки судна по прямому варианту:

$$\sum n_{в} = \sum \frac{q_{пр\ i}}{q_{н\ i}} \qquad (3.31)$$

где $q_{пр\ i}$ – количество i-го груза, перегружаемого по прямому варианту, т;

$q_{н\ i}$ – норма загрузки одного вагона i-м грузом, т

Так же определяют количество вагонов на одно грузовое помещение.

Число вагонов, которое должно подаваться для одной механизированной линии на смену:

$$n_{в} = \frac{P_{пр\ i}}{q_{н\ i}} \qquad (3.32)$$

где $P_{пр\ i}$ – технологическая производительность механизированной линии на i-м грузе при перегрузке по прямому варианту, т/смену.

Если возникает необходимость перегружать груз на все люки по прямому варианту в течение всей смены, необходимо проверить, поместятся ли все вагоны на фронт перегрузки.

Максимальное количество вагонов, которое можно установить по фронту в одну подачу:

$$n_{в\ max} = \frac{L}{l_{в}} \qquad (3.33),$$

где L – длина фронта подачи вагонов, м,

$l_{в}$ – длина одного вагона, м.

Если $n_{в\ max} \geq n_{в}\, n_{мл}$ (где: $n_{мл}$ – количество механизированных линий), дают заявку на $n_{в}\, n_{мл}$ вагонов, если $n_{в\ max} < n_{в}\, n_{мл}$ – на $n_{в\ max}$ вагонов.

Контрольные вопросы

1. Перечислите варианты перегрузочных процессов.
2. Какие рабочие процессы составляют технологический процесс работы морских судов?
3. Какие рабочие процессы составляют технологический процесс работы порта?

4. Что такое «рабочий приём»?
5. Что такое «технологическая схема перегрузки»?
6. Что такое «технологическая операция»?
7. Перечислите виды технологических операций.
8. Перечислите элементы технологического процесса перегрузки груза.
9. Что такое «техническая производительность звена механизированной линии»?
10. Что включает грузовой план?
11. Какие разделы включает рабочая технологическая карта?
12. Какие разделы включает технический план-график обработки судна?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вопросы и проблемы разработки оптимальных технологий работы отечественных морских портов остаются актуальными как в настоящее время, так и в долгосрочной перспективе. В 2011 г. по инициативе ФГУП Росморпорт принята «Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 г.». Она предполагает, что к 2030 г. портовые мощности вырастут в 2,2 раза, достигнув 1,6 млрд. т в год.

Северо-Западный бассейн к 2030 г. станет основными морскими воротами экспорта российских углеводородов и минеральных удобрений, а также крупнейшим российским морским бассейном по обороту рефрижераторных грузов и грузов в контейнерах. Грузовая база, тяготеющая к Северо-Западному бассейну, оценивается в 330 – 547 млн т, в том числе: наливные грузы – 150 – 240 млн т, сухие грузы – 180 – 307 млн т. Для обеспечения достаточности мощностей предполагается реализовать следующие проекты:

– дальнейшая реконструкция морского порта Высоцк;

– строительство терминалов для наливных, сухих и контейнерных грузов в морском порту Большой порт Санкт-Петербург и аванпортах Санкт-Петербурга;

– завершение строительства и расширение терминалов для наливных, навалочных, сухих и контейнерных грузов в морском порту Усть-Луга.

Южный бассейн к 2030 г. останется крупнейшим морским бассейном России по объемам грузоперевалки. В его портах планируется переваливать 95 % насыпных, 66 % ро-ро и 41 % генеральных грузов страны. Грузовая база, тяготеющая к бассейну, оценивается в 340–535 млн т, в том числе: наливные грузы – 150–205 млн т, сухие грузы — 190 – 330 млн т.

Для обеспечения достаточности мощностей предполагается реализовать следующие проекты:

– строительство сухогрузного района морского порта Тамань;

– развитие и улучшение существующих терминалов в морских портах Тамань, Туапсе, Темрюк, Новороссийск;

– строительство второго грузового района морского порта Оля.

Грузовая база портов Дальневосточного бассейна к 2030 г. будет обеспечена минерально-сырьевыми и лесными ресурсами Восточной Сибири и Дальнего Востока, а также функционированием транспортного коридора Восток – Запад. Грузовая база, тяготеющая к бассейну, оценивается в 218 – 307 млн. т, в том числе: наливные грузы – 64 – 90 млн. т, сухие грузы – 154 – 217 млн. т.

Для обеспечения достаточности мощностей на Дальневосточном направлении предполагается реализовать следующие проекты:

– развитие транспортного узла Восточный – Находка;

– реконструкция действующих терминалов в морских портах Владивосток и Восточный (в долгосрочной перспективе);

– развитие морского порта Посьет;

– строительство угольного терминала на побережье залива Петра Великого;

– строительство угольного терминала в порту Ванино (бухта Мучка);

– строительство угольного терминала на острове Сахалин в районе мыса Изыльметьева.

Морские порты Северного бассейна в 2030 г. будут ориентированы на перевалку углеводородов, добываемых на арктическом шельфе, а также лесных и минерально-сырьевых ресурсов российского севера. Грузовая база, тяготеющая к бассейну, оценивается в 79 – 116 млн. т, в том числе: наливные грузы – 43 – 65 млн. т, сухие грузы – 36 – 51 млн. т.

Для обеспечения потребностей в грузоперевалке предполагается реализовать следующие проекты:

– строительство угольного терминала в морском порту Мурманск;

– строительство портового комплекса по перевалке сжиженного природного газа в районе губы Териберская;

– строительство портового комплекса по перевалке сжиженного природного газа в Обской губе («Сабетта»).

Среди проектов, планируемых к реализации в рамках стратегии, необходимо выделить три наиболее важных и крупных:

– строительство сухогрузного района морского порта Тамань (Южный бассейн); его реализация обеспечит 66 млн. т мощностей для перевалки сухих грузов;

– строительство портового комплекса по перевалке сжиженного природного газа в Обской губе («Сабетта») в Северном морском бассейне; его мощность при полном развитии составит 30 млн. т.

– развитие морского торгового порта Усть-Луга до 191 млн. т до 2025 г.

С началом работы Таможенного союза и вступлением в силу новых нормативных документов оперативная деятельность в российских портах претерпела ряд изменений, связанных в первую очередь с таможенным регулированием внешнеэкономической деятельности.

По мнению портового бизнес-сообщества, необходимо продолжить работу, направленную на облегчение и унификацию контрольных процедур, сокращение времени, затрачиваемого на обработку судов в портах и, в конечном счете, на повышение конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности российских портов. Это особенно важно в условиях интеграционных процессов, формирования единого экономического пространства, необходимости обеспечения перевалочными мощностями совокупного грузооборота внешней торговли Таможенного союза – с учетом того обстоятельства, что почти все портовые мощности Таможенного союза сосредоточены в России.

При этом имеются разнородные обстоятельства, затрудняющие развитие портовой инфраструктуры. В первую очередь к ним относится несогласованность сроков, объемов и направлений государственных капиталовложений в рамках подпрограмм «Морской транспорт», «Автомобильный транспорт» и «Железнодорожный транспорт» ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2015 гг.)».

Портовые мощности необходимо развивать симметрично с провозными и пропускными способностями автомобильных и железнодорожных подходов к портам. При этом очень важна согласованность сроков, объемов и направлений частных инвестиций и инвестиций по государственным программам, в том числе инвестиционной программе развития ОАО «РЖД».

Значительным сдерживающим фактором являются механизмы инвестиций в инфраструктуру пунктов пропуска в морских портах. Наращивать грузооборот мешают сложности, связанные с процедурами работы государственных контролирующих органов в пунктах пропуска, обусловленные изменением нормативных документов Таможенного союза. Здесь следует отметить продолжающееся антимонопольное регулирование стивидорной деятельности и все неудобства, связанные с пребыванием операторов морских терминалов в Реестре субъектов естественных монополий.

В данных условиях авторский коллектив надеется, что данная публикация, не претендуя на полноту и исчерпываемость, окажет некоторое содействие специалистам, разрабатывающим и принимающим технологические решения в портовой деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ветренко Л. Д. Управление работой морского порта. – СПб.: ЗАО «Строка», 2000.

2. Винников В. В., Крушкин Е. Д., Быкова Е. Д. Системы технологий на морском транспорте. – М.: Транслит, 2010.

3. Демьянов Н. В. Технология, организация и планирование портовых перегрузочных работ: курс лекций. – Новосибирск: НГАВТ, 2007.

4. Дерябин Р. В. Производственная деятельность морского порта. – М.: Транспорт, 1988.

5. Котов М. Ф. Планирование, организация и технология портовых перегрузочных работ. – М.: Транспорт, 1976.

6. Карты типовых и опытных технологических процессов перегрузочных работ на универсальных перегрузочных комплексах морских портов. – Кн. 1. РД 31.41.01.01-79. – М., 1980.

7. Карты типовых и опытных технологических процессов погрузочно-разгрузочных работ на специализированных контейнерных перегрузочных комплексах морских портов. РД 31.41.02-80. – М., 1980.

8. Кириченко А. В., Ражев О. А., Фетисов В. А. Грузоподъемные машины и механизмы. Технология перегрузочных работ. – СПб.: ГУАП, 2011.

9. Кузнецов А. Л. Методология технологического проектирования современных контейнерных терминалов. – СПб.: Академия транспорта России. Изд-во «Феникс», 2009.

10. Кузнецов А. Л. Морские и сухопутные порты в новой мировой системе грузораспределения. // Эксплуатация морского транспорта. –2009. – № 1(55). – С. 9 – 12.

11. Кузнецов А. Л. Генезис агентного имитационного моделирования в ходе развития методов технологического проектирования портов и терминалов. // Эксплуатация морского транспорта. – 2009. – № 4(58). – С. 3 – 7.

12. Кузнецов А. Л., Погодин В. А., Спасский Я. Б. Расчет вместимости портового склада с учетом неравномерности работы смежного транспорта. // Эксплуатация морского транспорта. – 2010. – № 4(62). – С. 3 – 19.

13. Кузнецов А. Л., Погодин В. А., Спасский Я. Б. Имитационное моделирование работы порта с учетом дифференцированных метеоусловий. // Эксплуатация морского транспорта. – 2011. – № 1(63). – С. 3 – 8.

14. Кузнецов А. Л. Закономерности формирования логистических центров грузораспределения. // Транспорт: наука, техника, управление.– 2011. – № 6.

15. Нормы технологического проектирования морских портов. РД 31.3.05-97. – М., 1998.

16. Нормы технологического проектирования портов на внутренних водных путях. – М., 1997.

17. Об организации обработки сухогрузного флота в морских портах и портовых пунктах в оптимальном режиме на основе непрерывного плана-графика (НПГРП). – М.: Транспорт, 1980.

18. Погрузчик: справочник. – М.: Транспорт, 1989.

19. Правила составления рабочих технологических карт в портах. – М.: ЦРИА «Морфлот», 1977.

20. Перевозка экспортно-импортных грузов. Организация логистических систем / под ред. А.В. Кириченко. – СПб.: Питер, 2004.

21. Седов Г. Г., Снопков В. И. Перевозка грузов на судах с горизонтальной погрузкой. – М.: Транспорт, 1979.

22. Степанец А. В. Комплексное оперативное управление работой флота и портов. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2004.

23. Степанец А. В., Верютина В. Е. Управление использованием докеров-механизаторов морского порта. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2010.

24. Технические условия погрузки и крепления грузов. – М.: Транспорт, 1990.

ГЛОССАРИЙ

Операция – такая часть производственного процесса, которая выполняется одним и тем же рабочим или группой рабочих (звеном) на одном и том же рабочем месте.

Организация погрузочно-разгрузочных работ – комплекс мероприятий, которыми определяются место, состав, последовательность и продолжительность выполнения погрузочно-разгрузочных операций, род перерабатываемых грузов, способы их размещения, складирования и застропки (захвата), типы применяемых грузоподёмных и транспортных средств и способы их установки относительно друг друга и перемещаемого груза, а также состав звена рабочих, принимающих участие в погрузочно-разгрузочных работах.

Проектная мощность – характеризует выполнение операции в идеальных условиях, без поломок, сбоев, проблем, мешающих факторов и пр.

Производственный процесс – комплекс разнообразных по характеру трудовых и машинных операций, выполняемых в определенной последовательности и взаимосвязи для осуществления той или иной производственной функции. Для транспортной отрасли материального производства – это перемещение груза от места производства до места его потребления.

Процесс – это последовательная смена состояний стадий развития.

Рабочий прием – это часть операции, характеризующая однородность действий рабочего.

Трудовое движение — простейшая часть рабочего приема, имеющая четко выраженные начало и конец.

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

Технологическая линия – совокупность взаимодействующих в определенном порядке машин, технологической оснастки и рабочих, осуществляющих перемещение груза по тому или иному варианту и имеющих не менее одного общего технологического звена.

Технологическая операция – часть перегрузочного процесса, характеризуемая определенной целенаправленностью (начальная операция, перемещение, конечная операция), рабочим местом (трюм, вагон, склад и др.), организационно-техническими условиями.

Технологическая оснастка – это средство технологического оснащения, дополняющее технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса. К ним относятся, например, грузозахватные приспособления, оттяжки, измерительные средства, средства крепления, инструменты.

Технологическая система в промышленности – совокупность взаимосвязанных групп оборудования и технологических процессов, совмещенных и осуществляемых в границах производства, которые структурно и функционально взаимосвязанные единой целью – изготовление определенной продукции.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая предписанные целенаправленные действия по разовому изменению и (или) определению состояния предмета труда. Под изменением состояния предмета труда понимается изменение его физических, химических, механических свойств, геометрии, внешнего вида и местоположения.

Технологическое оборудование – это средство технологического оснащения, в котором для выполнения определенной части технологического процесса размещают объекты воздействия, средства воздействия на них, а также технологическую оснастку. К нему относится, например, основная (главная) перегрузочная машина – портальный кран, контейнерный перегружатель и пр.

Технологическое проектирование морского порта – получение оптимального решения порта как единого комплекса, удовлетворяющего требованиям безопасного приема, быстрейшей загрузки-разгрузки и комплексного обслуживания современных и перспективных транспортных судов и отвечающего условиям прогрессивных способов перевозок на морском и смежных видах транспорта.

Технология – в широком смысле – совокупность производственных методов и процессов в определенной отрасли производства, а также научное описание способов производства; в узком – комплекс организационных мер, операций и приёмов, направленных на изготовление, обслуживание, ремонт и/или эксплуатацию изделия с номинальным качеством и оптимальными затратами, и обусловленных текущим уровнем развития науки, техники и общества в целом.

Технология погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ – определяет порядок и последовательность выполнения операций по погрузке, выгрузке, транспортировке и складированию грузов, используемые технические средства, а также устанавливает требования по охране труда.

Технология транспортного процесса – комплекс организационных мер, операций и приёмов, направленных на рациональную в данных условиях транспортного производства подготовку, погрузку, транспортировку, выгрузку и временное хранение грузов.

Транспортно-технологическая система – это комплекс согласованных и взаимосвязанных технических, экономических, организационных, информационных и коммерческих решений, позволяющих с максимальным эффектом и наименьшими затратами обеспечить доставку грузов в конкретных направлениях движения товара к потребителю, сформированный не по отраслевым (отдельные виды транспорта), а по товарным и территориальными признакам.

Транспортный процесс – это совокупность организационно и технологически взаимосвязанных действий и операций с грузами и средствами транспорта, в результате выполнения которых грузы изменяют свое положение в пространстве.

Фактическая пропускная способность – это чаще всего достигаемая в реальных условиях мощность, как правило, более низкая, чем эффективная.

Эффективная мощность – пропускная способность, или мощность операции, которую можно поддерживать в нормальных условиях, учитывая временные сбои, отклонения в показателях, поломки, периоды технического обслуживания и пр.

Александр Львович Кузнецов, д-р техн. наук, проф.
Олег Альбертович Изотов, к-т техн. наук, доц.
Александр Викторович Кириченко, д-р техн. наук, проф.

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. А. В. Кириченко

199106, Санкт-Петербург, 22 линия, 9
тел./факс 812 -322-33-42, 322-77-26
e-mail:izdat@gumrf.ru

Ответственный за выпуск Сатикова Т.Ф.
Редактор Карамзина Н.А.
Компьютерная верстка Тюленева Е.И.

Подписано в печать 09.02.2014
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman
Усл. печ. л. Тираж экз. Заказ №