

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»
(РУТ (МИИТ))

Одобрено кафедрой
«ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

Протокол № от 201 г.
Автор: А.С. Гершвальд, А.В. Еловиков

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ С МЕТОДИЧЕСКИМИ
УКАЗАНИЯМИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Теория транспортных процессов и систем

Уровень ВО: Бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Курс: 3

Специальность/Направление: 23.03.01 Технология транспортных процессов
(ТПб)

Специализация/Профиль/Магистерская программа: (ТЕ) Организация
перевозок и управление в единой транспортной системе

Москва

УДК 656.22
ББК 39.28
Г42

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. Биленко Г.М. (РОАТ МИИТ);
Остряков В.А. (Генеральный директор
ОАО «Волго-Вятская пригородная пассажирская
компания»)

Гершвальд, Андрей Самуилович

Г42 Теория транспортных процессов и систем: уч. пос. /
А.С. Гершвальд, А.В. Еловиков. — М.: Московский госу-
дарственный университет путей сообщения, 2013. — 63 с.
ISBN 978-5-7473-0625-7

В пособии рассмотрено две темы: распределение порожних гру-
зовых вагонов между станциями погрузки и определение потребных
размеров движения пассажирских поездов. По каждой теме изложена
история вопроса, критический анализ современного состояния техно-
логии и обеспечивающих систем.

Пособие предназначено для использования при выполнении кон-
трольной работы. Поэтому в нем даны технологические и математиче-
ские постановки соответствующих задач, изложены методы решения
их в указанных постановках. Приведены показательные процессы ре-
шения на специально подготовленных числовых контрольных приме-
рах.

Пособие ориентировано на студентов бакалавриата специальности
«Технология транспортных процессов».

УДК 656.22
ББК 39.28

ISBN 978-5-7473-0625-7

© Московский государственный
университет путей сообщения, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

1. Задача № 1. Расчёт эффективности применения информационной технологии распределения порожних вагонов	5
1.1. Теория организации и эксплуатации процессов и систем работы вагонного парка	5
1.1.1. Вагонный парк, как объект управления	5
1.1.2. Технические характеристики вагона	8
1.1.3. Технология подготовки вагонов к погрузке ...	8
1.1.4. История вопроса	10
1.1.5. Критика существующего состояния эксплуатационной работы с вагонами.....	13
1.1.6. Инновационные признаки информационной технологии новейшего поколения	14
1.1.7. Технологическая постановка задачи.....	16
1.1.8. Математическая постановка задачи распределения порожних вагонов.....	17
1.1.9. Описание методов решения.....	21
1.2. Показательное решение задачи.....	22
1.2.1. Пример исходных данных для решения задачи распределения вагонов	22
1.2.2. Задание	23
1.2.3. Решение задачи балансовым методом.....	28
1.2.4. Решение задачи компьютерным методом	29
1.2.5. Сравнение результатов, полученных разными методами	31
2. Задача № 2. Определение размеров движения пассажирских поездов по вариантам плана формирования и прогнозируемым пассажиропотокам ...	35
2.1. История вопроса	35
2.2. Анализ существующего состояния.....	39
2.2.1. Планирование пассажирских перевозок.....	39
2.2.2. Определение размеров и категорий пассажирских поездов дальнего сообщения	44

2.3 Автоматизированная система управления «Экспресс» и Интернет как основы современных информационных технологий в области пассажирских перевозок	46
2.4. Технологическая постановка задачи	50
2.5. Математическая постановка задачи.....	51
2.6 Описание метода решения и формы представления результатов.....	54
2.7. Показательное решение задачи.....	57

1. Задача № 1

РАСЧЁТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОЖНИХ ВАГОНОВ

1.1. ТЕОРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ РАБОТЫ ВАГОННОГО ПАРКА

1.1.1. Вагонный парк как объект управления

Рассматривая вагонный парк, как объект управления, следует выделить из общей информации о нём те признаки, которые существенны для управления им. Такими признаками являются принадлежность вагонов к определённой форме собственности, техническое состояние вагонов, их коммерческое состояние и эксплуатационное состояние.

Руководствуясь признаками принадлежности можно описать структуру вагонного парка следующим образом.

$$M = M^P \cup M^И,$$

где M – множество вагонов, обращающихся на российских железных дорогах;

M^P – подмножество вагонов российской собственности;

$M^И$ – подмножество иностранных вагонов.

Причём

$$M^P = M^{\text{ржд}} \cup M^{\text{соб}} \cup M^{\text{ар}},$$

где $M^{\text{ржд}}$ – подмножество вагонов собственности ОАО «РЖД»;

$M^{\text{соб}}$ – подмножество собственных вагонов;

$M^{\text{ар}}$ – подмножество арендуемых у ОАО «РЖД» вагонов.

Причём

$$M^{\text{соб}} = M_1^{\text{соб}} \cup M_2^{\text{соб}} \cup \dots \cup M_n^{\text{соб}},$$

где $M_1^{\text{соб}}$, $M_2^{\text{соб}}$ и т.д. – подмножество вагонов независимых собственников;

$$M^{\text{ар}} = M_1^{\text{ар}} \cup M_2^{\text{ар}} \cup \dots \cup M_n^{\text{ар}},$$

где $M_1^{\text{ар}}$, $M_2^{\text{ар}}$ и т.д. – подмножество вагонов, находящихся в аренде.

По своему эксплуатационному состоянию вагонный парк описывается так:

$$M = M^{\Gamma} \cup M^{\Pi},$$

где M^{Γ} – подмножество груженных вагонов;

M^{Π} – подмножество вагонов порожних.

Причём

$$M^{\Pi} = M^{\text{пко}} \cup M^{\text{нпко}},$$

где $M^{\text{пко}}$ – подмножество вагонов, прошедших коммерческий осмотр;

$M^{\text{нпко}}$ – то же, не прошедших.

Причём

$$M^{\text{пко}} = M^{\text{пто}} \cup M^{\text{нпто}},$$

где $M^{\text{пто}}$ – подмножество вагонов, прошедших технический осмотр;

$M^{\text{нпто}}$ – то же, не прошедших.

Причём

$$M^{\text{пко}} = M^{\text{по}} \cup M^{\text{нпо}},$$

где $M^{\text{по}}$ – подмножество вагонов, прошедших очистку (промывку);

$M^{\text{нпо}}$ – то же, не прошедших.

Причём

$$M^{\text{пто}} = M^{\text{пр}} \cup M^{\text{нпр}},$$

где $M^{\text{пр}}$ — подмножество вагонов, прошедших ремонт;

$M^{\text{нпр}}$ — то же, не прошедших.

С точки зрения технической эксплуатации вагонный парк описывается, как:

$$M^{\text{пто}} = M^{\text{гт}} \cup M^{\text{нгт}},$$

$$M^{\text{пр}} = M^{\text{гт}} \cup M^{\text{нгт}},$$

где $M^{\text{гт}}$ — подмножество вагонов, абсолютно годных для погрузки;

$M^{\text{нгт}}$ — подмножество вагонов, относительно или полностью негодных для погрузки.

Причём

$$M^{\text{нгт}} = M_1^{\text{нгт}} \cup M_2^{\text{нгт}} \cup \dots \cup M_n^{\text{нгт}},$$

где $M_1^{\text{нгт}}$, $M_2^{\text{нгт}}$ и т.д. — подмножество вагонов разных категорий годности (негодности).

С точки зрения коммерческой эксплуатации вагонный парк описывается, как:

$$M^{\text{пко}} = M^{\text{гк}} \cup M^{\text{нгк}},$$

$$M^{\text{пр}} = M^{\text{гк}} \cup M^{\text{нгк}},$$

где $M^{\text{гк}}$ — подмножество вагонов, годных для погрузки;

$M^{\text{нгк}}$ — подмножество вагонов, негодных для погрузки.

Описание может быть продолжено например, с целью отображения подмножеств российских и иностранных вагонов, пересекших российскую границу в том и в другом направлении и т.д.

В каждый момент ситуация характеризуется наличием групп вагонов, находящихся на разных стадиях обработки, что описывается, как пересечение подмножеств вагонов, описанных выше. Так например:

- часть вагонов, прошедших и технический и коммерческий осмотр:

$$M^{\text{пкго}} = M^{\text{пко}} \cap M^{\text{пто}};$$

- часть вагонов, не прошедших осмотров:

$$M^{\text{нпкго}} = M^{\text{нпко}} \cap M^{\text{нпто}};$$

- часть вагонов, прошедших коммерческий и не прошедших технический осмотр:

$$M^{\text{нкго}} = M^{\text{пко}} \cap M^{\text{нпто}} \text{ и т.д.}$$

1.1.2. Технические характеристики вагона

Основной технической характеристикой вагона является специализация под перевозимый груз. Она определяет так называемый род вагона: крытые, полувагоны, платформы, рефрижераторы и прочие. Каждый род вагона подразделяется на типы, соответствующие заводским моделям. Некоторые группы вагонов не имеют типа, но обязательно имеют обозначение заводской модели.

Заводская модель определяет такие технические характеристики, как: грузоподъёмность вагона, объём его тары, осьность, наличие тормозной площадки, типоразмеры, вес брутто, детализированная специализация под вид перевозимого груза.

1.1.3. Технология подготовки вагонов к погрузке

Наиболее сложную технологию подготовки к погрузке имеют цистерны. Наиболее массовые и наиболее доходные перевозки в цистернах относятся к перевозкам нефтеналивных гру-

зов. Рассмотрим технологию применительно к нефтебензиновым цистернам.

Парк цистерн насчитывает 126 заводских моделей и число этих моделей постепенно увеличивается. Основная специализация цистерн касается трёх видов груза: светлые, тёмные и вязкие. Перевод конкретной цистерны из одной специализации в другую связан с большими затратами и поэтому фактически не практикуется. Внутри каждой специализации существует более детальная специализация, которая допускает перевод цистерны в другую специализацию с соблюдением некоторых требований.

При перевозке одного и того же груза могут быть использованы цистерны разных моделей, характеристики которых допускают взаимозаменяемость этих моделей. Каждая модель цистерны может быть использована для перевозки разных грузов в рамках допустимых.

Погрузка в цистерну допускается в том случае, когда котёл не содержит остатков предыдущего груза. Для обеспечения гарантий чистоты котла стандартами установлена периодичность процессов промывки и пропарки:

- для цистерн типа 705, 706, 735, 721 и других пропарка производится через каждые 30 дней;
- для цистерн типа 734, 750, 741, 731 и других — после пяти операций погрузки.

Для обеспечения безопасности движения поездов и маневровой работы установлены правила проведения деповских и капитальных ремонтов, а также правило списания вагонов на металлолом. Принято два критерия оценки технического состояния вагона: по сроку эксплуатации и по величине пробега. Дело в том, что в конструкции вагона есть элементы, износ которых зависит от величины пробега и элементы, износ которых зависит от длительности нахождения в эксплуатации.

При выгрузке цистерны на дне котла может оставаться часть неслитого груза, что приводит к загрязнению тары и к затруднениям при определении массы перевозимого груза. Кроме того возникают затруднения при определении техническо-

го состояния котла. В связи с этим операция коммерческого осмотра предшествует операции осмотра технического. При обнаружении остатков слитого груза цистерна направляется на слив с последующей реализацией груза как товара, либо как мусора.

В результате коммерческого осмотра цистерна направляется на слив груза, либо на промывку, либо на технический осмотр. На технический осмотр цистерна поступает после положительных результатов коммерческого осмотра, либо после промывки. При техническом осмотре проверяется исправность конструкции и период, оставшийся до срока планового ремонта или списания. При наличии неисправности принимается решение о безотцепочном или отцепочном текущем ремонте. При приближении сроков планового ремонта или списания цистерна направляется в депо.

При положительном результате технического осмотра цистерна может быть направлена на погрузку.

Технический и коммерческий осмотры выполняются на грузовых, сортировочных и некоторых участковых станциях. Осмотры бывают предварительными и окончательными. Предварительный осмотр необходим после выгрузки для того, чтобы в случае необходимости направить цистерну на ближайшую станцию, имеющую средства подготовки вагонов к погрузке.

Готовые цистерны на станции погрузки (наливной станции) формируются в составы и подаются на фронты погрузки, как правило в той комплектации, в которой они должны отправляться на станции выгрузки или распыления.

1.1.4. История вопроса

В девятнадцатом веке каждая железная дорога в России имела свой парк грузовых вагонов, которые не выходили за её пределы. При необходимости обеспечить сквозное продвижение груза на стыковых станциях дорог осуществлялась перегрузка из прибывших вагонов в вагоны отправляемые. Пока объём дальних перевозок был невелик, такая организация перевозок

не вызывала нареканий со стороны клиентов. С ростом объёма перевозок неэффективность их становилась всё более очевидной и требовала совершенствования.

В послереволюционный период в НКПС было принято решение об организации единого парка вагонов для всех дорог. Это ускорило процесс продвижения грузов, но ухудшило условия текущего содержания вагонов. Участились аварии из-за их неисправностей, так как была утрачена ответственность за безаварийную эксплуатацию.

Для повышения безаварийности был предложен институт приписки, который предусматривал приписку конкретных вагонов к конкретным дорогам в части текущего содержания. При этом выход вагона за пределы дороги разрешался.

Для повышения эффективности эксплуатации вагонного парка в СССР были приняты следующие меры:

- введён нормативный документ, именуемый планом формирования поездов;
- установлен контроль за соблюдением его нормативов;
- установлен контроль за такими показателями, как статическая нагрузка вагона и коэффициент порожнего пробега.

Идеологи плановой экономики исходили из того, что экономика работает ритмично и принимаемые планы выполняются. В связи с этим принцип управления вагонным парком заключался в следующем. Устанавливаются долгосрочные нормативы на использование вагонов, а задача диспетчерского аппарата сводится к поддержанию равномерного ритма работы сети с целью выполнения заданных нормативов..

Но на самом деле существовала неравномерность поступления заявок на погрузку и, как следствие, — неравномерность поступления погрузочных ресурсов. Для сглаживания неравномерности был принят такой порядок работы, когда нормативы принимались на среднестатистические сутки и действовали они в течение месяца. А для сглаживания неравномерности ежедневно проводились селекторные совещания с целью уточнения нормативов на текущие сутки.

При этом был разработан балансовый метод распределения вагонов, в соответствии с которым вокруг районов или пунктов массовой погрузки устанавливались балансовые зоны путём прикрепления к ним дорог с постоянным избытком порожних вагонов. Прикрепление действовало как норматив, уточняемый ежедневно в зависимости от текущего наличия заявок на погрузку и текущего наличия погрузочных ресурсов.

Практика применения балансового метода с ежедневной корректировкой нормативного (технического) плана показала, что плановые и фактические значения показателей работы вагонного парка отличаются в разы. В связи с этим по заданию правительства СССР профессор Тулупов разработал задачу прогнозирования показателей работы железной дороги. Формируемый прогноз использовался начальником смены дороги для подготовки задания отделениям дорог на следующие сутки. Эксплуатация задачи на Южно-Уральской железной дороге показала, что использование прогноза снижает отклонение фактических значений показателей от плановых до уровня ниже 10%.

В условиях рыночной экономики появилась конкуренция, вследствие чего:

- появилась непостоянство пунктов погрузки;
- увеличилась неравномерность спроса каждого пункта на вагоны;
- повысились требования к типам заявляемых вагонов.

«Ручное» распределение вагонов в этих условиях стало более трудоёмким и менее эффективным. Была разработана задача «регулировки» вагонного парка, которая решалась по тем же принципам, что и в условиях плановой экономики, но более эффективно.

Недостатками задачи регулирования вагонными парками были:

- недостаточная дискретность решения — один раз в сутки;
- низкая точность распределение вагонов: с точностью только до дороги дислокации и только до дороги погрузки;
- недостаточная точность при учёте спроса: учитывался только род вагона, а не грузовая специализация;

— ограничение планом формирования поездов.

После продажи вагонного парка многим пользователям вагонов у каждого собственника вагонов остались те же проблемы, но в меньших масштабах. Чтобы их решить были установлены маршруты курсирования собственных вагонов. При этом увеличился коэффициент порожнего пробега и, как следствие, — увеличилась нагрузка на инфраструктуру.

Чтобы уменьшить нагрузку были выделены станции отстоя невостребованных вагонов. Чтобы усилить мотивацию полезного использования вагона была введена плата за его отстой.

Для повышения эффективности работы иностранных вагонов межгосударственным соглашением было установлено следующее правило взаиморасчётов. За нахождение на железнодорожной сети РЖД иностранного вагона российская сторона платит стране-собственнице по тарифу, зависящему от времени пребывания этого вагона. Аналогичное правило действует и на железных дорогах, корреспондирующих с РЖД, в отношении российских вагонов.

1.1.5. Критика существующего состояния эксплуатационной работы с вагонами

В настоящее время 90% российского вагонного парка принадлежит независимым (от ОАО «РЖД») операторам, которые эксплуатируют вагонный парк недостаточно эффективно. Это выражается в следующем:

- отсутствие взаимопомощи между операторами;
 - создание завышенных резервов погрузочного ресурса;
 - использование при получении выгодных заявок административного ресурса;
 - завышение тарифов;
 - отказы от социальных перевозок.
- Всё это приводит к таким негативным последствиям, как
- задержка обслуживания заявок на перевозки;
 - увеличение нагрузки на инфраструктуру;

— увеличение доли транспортных расходов в стоимости произведённой продукции.

Одним из примеров негативного последствия является ситуация, сложившаяся на рынке вывоза сельскохозяйственной продукции осенью 2011 года, когда при получении большого урожая и при наличии погрузочных ресурсов не было заинтересованных лиц в организации её вывоза, что и привело к потере части урожая.

Безусловно, сложившаяся ситуация не устраивает никого из тех, кто участвует в транспортных процессах. Однако в настоящее время в России нет такого органа, как МПС РФ или МПС СССР, который был бы обязан искать и найти наилучший способ хозяйствования. Очевидно, что эту роль могут взять на себя научные коллективы. И в связи с этим следует рассмотреть научные разработки последних лет.

1.1.6. Инновационные признаки информационной технологии новейшего поколения

В то время, как вагонные парки находятся в собственности независимых от ОАО «РЖД» компаний, объекты инфраструктуры находятся в собственности ОАО «РЖД». В состав объектов инфраструктуры входит также автоматизированная информационная система железнодорожного транспорта – АИСЖТ. С помощью этой системы можно осуществлять централизованное управление вагонными парками многих собственников при условии делегирования ими прав управления.

Делегированию подлежат права:

- распределения вагонов данного собственника между станциями погрузки;
- выбора типа (заводской модели) вагонов для осуществления каждой перевозки;
- распределения вагонов между станциями отстоя.

Признаки делегирования следует указывать в плане перевозок данного собственника вагонов, основу которого составляют заявки клиентов на погрузку.

План перевозок является заданием на распределение порожних вагонов. Система планирования основывается на следующих принципах:

- на стадии организации транспортных процессов осуществляется группировка перевозок по трём признакам: сетевые, внутридорожные, внутрирайонные;
- осуществляется закрепление перевозок за уровнями организационной структуры: сетевые перевозки закрепляются за ЦУЭДом, внутридорожные — за ДЦУПом; внутрирайонные — за аппаратом района управления;
- устанавливается трёхчасовая дискретность сеансов планирования;
- устанавливается регламент планирования, в котором право открытия очередного сеанса планирования отдаётся ЦУЭДу, а внеочередного — ЦУЭДу, ДЦУПу, аппарату района управления;
- устанавливается такое правило, при котором на каждом уровне планируются перевозки, закреплённые за этим уровнем и результат планирования выдаётся на более низкий уровень для использования в качестве ограничения;
- непосредственное исполнение сетевых, внутридорожных и внутрирайонных планов возлагается на район управления.

Задача планирования проектируется таким образом, чтобы обеспечивались следующие преимущества по сравнению с существующими задачами:

- планирование с точностью до станции дислокации порожних вагонов;
- планирование с точностью до станций погрузки распределяемых вагонов;
- выбор тех заводских моделей вагонов, которые соответствуют коду груза, указанного в заявках клиентов на данный период планирования;
- выбор варианта плана оптимального по критерию минимальных затрат вагоно-километров;
- применение такого алгоритма и таких структур массивов, которые применимы для любого уровня организационной структуры.

1.1.7. Технологическая постановка задачи

Централизованное распределение любого ресурса всегда более эффективно, поскольку позволяет более точно учитывать потребности и компенсировать дефицит на одном участке за счёт избытка на участке другом. При этом автоматизированное распределение уменьшает возможности принятия недобросовестных решений.

В условиях разделения собственности у каждого собственника образовались свои дефициты и свои избытки. При этом сумма дефицитов и сумма избытков стала превышать те величины, которые были при централизованном распределении.

Цель применения информационной технологии состоит в том, чтобы минимизировать потери в национальном масштабе за счёт максимального удовлетворения спроса на перевозки при минимальных затратах на использование ресурсов.

В современных условиях достижение этой цели невозможно без учёта конкуренции между операторами вагонного парка. Конкуренция ведётся при получении заявок на перевозки и это обстоятельство должно быть учтено в постановке задачи.

Поэтому постановка предусматривает два этапа решения:

- планирование без конкуренции, когда выявляются равноценные варианты разных собственников;
- планирование с конкуренцией равноценных вариантов.

Планы, полученные на первом этапе, минимизируют нагрузку на инфраструктуру и подвижной состав за счёт экономии затрат вагоно-километров. Планы, полученные на втором этапе, отражают консенсус грузовладельца и перевозчика в части цены на перевозку.

Задача распределения порожних вагонов между станциями погрузки (первый этап) формулируется так: «Для каждой заявки клиента подобрать типы и количества вагонов, годных к погрузке, с максимальным удовлетворением спроса на перевозки и минимальными затратами вагоно-километров». Задача розыгрыша цены (второй этап) формулируется, как «Для каждой заявки клиента подобрать перевозчика по критерию максимального соответствия цен на спрос и предложение по каждой заявке».

1.1.8. Математическая постановка задачи распределения порожних вагонов

Входная текущая информация:

— план перевозок данного собственника вагонов:

$$M^{\text{ППГ}} = \left\{ K^{\text{СВ}}, \left\{ N^{\text{З}}, N^{\text{ОТ}}, I^{\text{СТО}}, N^{\text{СТО}}, K^{\text{ГО}}, I^{\text{Г}}, N^{\text{Г}}, P^{\text{Г}}, I^{\text{СТРН}}, N^{\text{СТРН}}, I^{\text{ДН}}, N^{\text{ДН}}, I^{\text{СТН}}, N^{\text{СТН}}, D^{\text{ПР}}, T^{\text{В}}, N^{\text{СТОТ}}, K^{\text{ГП}}, D^{\text{ПВ}}, D^{\text{ПГ}}, N^{\text{ПР}} \right\}_x K^{\text{ОТ}}, \right\}_y K^{\text{СВ}},$$

где $K^{\text{СВ}}$ — код собственника;

$N^{\text{З}}$ — номер заявки;

$N^{\text{ОТ}}$ — номер отправки;

$I^{\text{СТО}}$ — имя станции отправления;

$N^{\text{СТО}}$ — код станции отправления;

$K^{\text{ГО}}$ — код грузоотправителя;

$I^{\text{Г}}$ — наименование груза;

$N^{\text{Г}}$ — код груза;

$P^{\text{Г}}$ — масса груза;

$I^{\text{СТРН}}$ — имя страны назначения;

$N^{\text{СТРН}}$ — код страны назначения;

$I^{\text{ДН}}$ — имя дороги назначения;

$N^{\text{ДН}}$ — код дороги назначения;

$I^{\text{СТН}}$ — имя станции назначения;

$N^{\text{СТН}}$ — код станции назначения;

$D^{\text{ПР}}$ — признак делегирования права распределения вагонов;

$T^{\text{В}}$ — заданный тип вагона;

$N^{\text{СТОТ}}$ — код заданной станции отстоя;

$K^{\text{ГП}}$ — код грузополучателя;

$D^{\text{ПВ}}$ — дата подачи вагонов;

$D^{\text{ПГ}}$ — дата прибытия груза;

$N^{\text{ПР}}$ — приоритет заявки;

$K^{\text{ОТ}}$ — количество заявок, отобранных из системы ЭТРАН;

$K^{\text{СВ}}$ — количество собственников вагонов, для которых осуществлено планирование;

— модель дислокации вагонов на станциях отстоя:

$$M^{дв} = \{K^{св}, \{N^B, T^B, T^{нах}\}_m K^{вст}\}_n K^{собст},$$

где $K^{св}$ — код собственника вагона;
 N^B — номер вагона;
 T^B — тип вагона;
 $T^{нах}$ — время нахождения вагона в границах РЖД;
 $K^{вст}$ — количество вагонов данного собственника, дислоцированных на данной станции;
 $K^{собст}$ — количество собственников, чьи вагоны могут находиться на данной станции.

Нормативно-справочная информация:

— грузовая специализация вагонов:

$$M^{гсв} = \{R^Г, R^B, \{N^{нг}, N^{кг}, P^c, K^{гтв}, \{K^{твг}, \{T^B, P^{ов}\}_k K^{твг}\}_p K^{гтв}\}_r K^{дг}\}_s K^{рг},$$

где $R^Г$ — род груза;
 R^B — род вагона;
 $N^{нг}$ — начальная граница перечня кодов груза;
 $N^{кг}$ — то же, конечная;
 P^c — статическая нагрузка на вагон;
 $K^{гтв}$ — количество взаимозаменяемых групп вагонов;
 $K^{твг}$ — количество типов вагона в группе;
 T^B — количество типов вагонов с одинаковой грузоподъёмностью (ёмкостью) в группе;
 $P^{ов}$ — грузоподъёмность (объём) вагона;
 $K^{дг}$ — количество диапазонов кодов груза;
 $K^{рг}$ — количество родов груза, перевозимых данным собственником вагонов;

— эксплуатационные расстояния между станциями:

$$M^{эп} = \{R^B, \{N^{сто}, \{N^{стн}, L, K^B\}_a K^{стно}\}_b K^{стопв}\}_c K^{дв},$$

где L — эксплуатационное расстояние;
 K^B — допустимое количество вагонов в поезде;
 $K^{стно}$ — количество станций назначения, разрешённых планом формирования для данной станции отправления;
 $K^{сторв}$ — количество станций отправления данного рода вагонов;

— нормативные перестановки вариантов очередности опроса:

$$M^{во2} = \{ \{ N \} [2] \} [2],$$

где N — код объекта (станции дислокации, станции погрузки, станции отстоя, типа вагона);
 2 — число объектов в очереди;
 2 — количество вариантов очередности;

$$M^{во3} = \{ \{ N \} [3] \} [6],$$

где 3 — число объектов в очереди;
 6 — количество вариантов очередности и т.д.

Расходная ставка (стоимость вагоно-часа) $C^{ВКМ}$.

Выходная информация:

— оптимальный план распределения порожних вагонов между станциями погрузки:

$$M^{DB} = \{ K^{CB}, \{ N^{стд}, \{ N^{стп}, D^{пп}, N^3, \{ T^B, K^B, \{ K^{вд}, N^{сд} \}_d \}_e \} K^{твон} \}_c \} K^{стпд} \}_f \} K^{соб} \},$$

где K^{CB} — код собственника вагона;
 $N^{стд}$ — код станции текущей дислокации вагонов;
 $N^{стп}$ — код станции погрузки;
 $D^{пп}$ — дата прибытия порожних вагонов на станцию погрузки;
 N^3 — номер заявки;
 T^B — тип вагона;

$K^{ВД}$ — количество вагонов для данного способа доставки;
 $N^{СД}$ — способ доставки;
 $K^{ТВОП}$ — количество типов вагона, направляемых с одной станции на другую;
 $K^{СТПД}$ — количество станций погрузки, на которые назначаются вагоны со станции дислокации;
 $K^{СТД}$ — количество станций дислокации вагонов данного собственника;
 $K^{СОБ}$ — количество собственников, охваченных системой планирования.

Критерий оптимальности:

$$K = \max \left\{ K^3 \right\} \rightarrow \min_{j \in M^{ПРВ}} \left\{ \sum_{i=1}^{K^{СТР}} K_i^B L_i \right\}_j,$$

где K^3 — количество заявок клиентов, обеспечиваемых погрузочными ресурсами;

K^B — количество вагонов в i -й строке плана;

L — расстояние пробега вагонов;

$K^{СТР}$ — количество строк плана;

$M^{ПРВ}$ — множество вариантов плана распределения вагонов;

j — порядковый номер плана.

Управляющие воздействия:

— выбор очередности обслуживания станций погрузки:

$$1 \rightarrow x \rightarrow K^{ВОП},$$

где x — номер варианта очередности обслуживания станций погрузки;

$K^{ВОП}$ — количество вариантов;

— выбор очередности опроса станций отстоя вагонов:

$$1 \rightarrow y \rightarrow K^{ВОО},$$

где y — номер варианта очередности опроса станций отстоя;

$K^{\text{воп}}$ — количество вариантов;

— выбор моделей отбираемых вагонов:

$$l \rightarrow e \rightarrow K^{\text{вом}},$$

где e — номер варианта модели вагона;

$K^{\text{вом}}$ — количество вариантов

1.1.9. Описание методов решения

Изложенные выше постановки задачи определяют методы её решения.

Технологическая постановка задачи требует решения её в сеансовом режиме. Следовательно, необходимо применение метода дискретного программирования, когда изменение входной информации в ходе решения не учитывается. Поэтому перед началом решения вся входная информация должна быть выверена и зафиксирована.

Математическая постановка задачи требует представления входной и нормативно-справочной информации в виде массивов, организованных по эвристическим правилам. Следовательно, алгоритм решения также должен быть эвристическим, т.е. учитывающим логическую организацию базы данных.

Математическая постановка задачи требует также:

- организации перебора вариантов значений регулируемых параметров;
- моделирования процесса принятия решения по каждому варианту; с получением текущего варианта плана распределения вагонов;
- оценку полученного плана;
- отбор вариантов по их оценкам с окончательным выбором оптимального варианта.

Оценка плана выполняется по приведённому в п. 1.1.8 критерию. Как видно из описания этого критерия, он представляет

собой функцию цели, заданную на множестве планов. Применение такого критерия означает применение метода комбинаторного программирования. Такой метод позволяет работать с таблицами, содержащими не только цифровую, но и закодированную информацию, что соответствует реалиям железнодорожных систем.

1.2. ПОКАЗАТЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

1.2.1. Пример исходных данных для решения задачи распределения вагонов

На некотором рынке транспортных услуг присутствуют следующие игроки:

- ОАО «РЖД» — владелец инфраструктуры (станции, информационная система, диспетчерский аппарат);
- грузовладельцы (владельцы трёх нефтеперерабатывающих заводов);
- арендатор подвижного состава (цистерн взаимозаменяемых типов).

В текущем сеансе внутрисуточного планирования перевозок на рынке сложилась следующая ситуация:

- грузовладельцы подали в информационную систему ОАО «РЖД» заявки на погрузку бензина на станциях А, Б, В, в результате обработки которых сформировался план перевозок (рис. 1.1), подлежащий рассмотрению в межсеансовый период (с 12-00 до 15-00);
- порожние цистерны арендатора вагонов в данный момент находятся на станциях отстоя X, Y, Z, V, W (рис. 1.2);
- цистерны имеют разные грузоподъёмности (рис. 1.3), но их грузовая специализация позволяет взаимозаменяемость;
- станции отстоя цистерн удалены от станций погрузки на различные расстояния (рис. 1.4);
- при балансовом методе решения должно строго соблюдаться закрепление станций отстоя за станциями погрузки (рис. 1.5);

— при решении компьютерным методом арендатор делегирует ОАО «РЖД» право распределять его вагоны и выбирать наиболее подходящие типы.

1.2.2. Задание

1) Рассчитать (от имени ОАО «РЖД») план распределения порожних цистерн двумя методами: традиционным и компьютерным.

2) В качестве традиционного принять балансовый метод.

3) Целью расчёта каждым методом считать удовлетворение максимального числа заявок клиентов (грузовладельцев).

4) При наличии нескольких равноценных вариантов выбрать из них тот, который потребует меньших затрат.

5) При расчёте компьютерным методом достаточно выбрать такой вариант, который даёт более выгодный результат без доказательства его оптимальности.

6) В результате расчета представить два варианта плана.

ПЛАН ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ (ППГ)																		
Род вагона: ЦС. 28.02. 12-00																		
Арендатор вагонов	Заявка	Отправка	Станция отправления груза		Код отправителя	Груз			Назначение			Порожние		Код получателя		Даты		
			Имя	Код		Наименование	Код	Масса (тыс.т)	Страна	До-рога	Станция	Делегирование права	Тип	Станция отстоя	Подачи вагонов	Приб. груза		
С1	1		А			Бензин		1000				М		1	1	1	2.03	
	2		Б			Бензин		2000				Н		1	1	1	2.03	
	3		В			Бензин		3000				Р		1	1	1	2.03	
																		Приоритет

Рис. 1.1. План перевозок грузоотправителей А, Б, В вагонами арендатора С1

МОДЕЛЬ ДИСЛОКАЦИИ ПОРОЖНИХ ВАГОНОВ (ДВД)										
Род вагона	Станции дислокации			Типы дислоцированных вагонов						
	Имя	Код	1	2	3	К-во	Тип	К-во	Тип	К-во
ЦС	X	21104	794	20	732	40	15-ц862	100		100
	Y	21105	732	50	15-ц863	100	794			10
	Z	21106	15-ц863	200						
	V	21107	15-ц862	70						
	W	21108	794	5	15-ц862	40				

Рис. 1.2. Справка о текущей дислокации вагонов арендатора С1

ГРУЗОВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ВАГОНОВ (ГСВ)																			
Вид груза	Коды грузов, ограничивающие список		Род ваг.	Варианты специализации вагонов															
				1			2			3									
				тип	модель	объём котла м ³	масса груза, т	тип	модель	объём котла м ³	масса груза, т	тип	модель	объём котла м ³	масса груза, т				
Бензин	21104	21111	8ЦС	794	15—871	140	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
				732	15—ц869	88,6	62	712	15—ц863	61,2	60	712	15—ц862	50	720	720	50	50	50

Рис. 1.3. Справка о нормативной грузовой специализации цистерн

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАССТОЯНИЯ				
Станция погрузки		Станция отстоя		Расстояние, км
имя	код	имя	код	
А		X		200
		Y		300
		Z		400
		V		500
		W		600
Б		X		600
		Y		300
		Z		100
		V		300
		W		600
В		X		600
		Y		400
		Z		300
		V		200
		W		100

Рис. 1.4. Справка о нормативных эксплуатационных расстояниях

ЗАКРЕПЛЕНИЕ СТАНЦИЙ	
Станции погрузки	Станции отстоя
А	X, Y
Б	Z
В	V, W

Рис. 1.5. Справка о нормативном закреплении станций при балансовом методе распределения вагонов

1.2.3. Решение задачи балансовым методом

Подготовка информации

Рассматриваем заявки на погрузку в порядке АБВ, а наличие погрузочных ресурсов – в порядке XYZVW. В соответствии с этим заполняем графы 1, 3 табл. 1.1 (рис. 1.6). Проставляем в графе 2 массу перевозимого груза (из рис. 1.1), а в графе 4 – расстояние (из рис. 1.4).

При выборе типа цистерн исходим из того, что более выгодно использовать цистерны с наибольшей грузоподъемностью, так как потребуются меньше вагонов и будет затрачено меньше вагоно-часов. Поэтому в табл. 1.1 располагаем строки цистерн в порядке убывания их грузоподъемности (из рис. 1.2, 1.3). Проставляем типы и количества цистерн (из рис. 1.2) каждого типа. Умножением количества цистерн (графа 4) на грузоподъемность (графа 7) вычисляем размер наличного погрузочного ресурса на каждой станции отстоя.

Обеспечение погрузочными ресурсами станции А

На станцию А разрешено подавать вагоны со станций X, Y (см. рис. 1.5). Рассмотрим станцию X. На этой станции по грузоподъемности более всего подходят цистерны типа 732 (62 т). Для удовлетворения заявки этим типом цистерн достаточно направить на станцию А $1000 / 62 = 17$ единиц. Затраты на доставку составят $17 \cdot 200 = 3400$ вагоно-километров, что является минимальным, так как при выборе других типов потребовалось бы больше вагонов из-за их меньшей грузоподъемности (60 т, 50 т). Поскольку на станции X дислоцировано 40 вагонов этого типа, то выделить 17 вагонов возможно. Останется ещё $40 - 17 = 23$ вагона. Станцию Y можно уже не рассматривать.

Обеспечение погрузочными ресурсами станции Б

На станцию Б разрешено (см. рис. 1.5) подавать вагоны только со станции Z. На этой станции погрузочный ресурс составляет только 240 т, чего недостаточно для перевозки 2000 т груза.

Всё же примем решение о доставке имеющихся там двух вагонов, для чего потребуются затраты $2 \cdot 100 = 200$ вагоно-километров. При этом заявка не будет удовлетворена.

Обеспечение погрузочными ресурсами станции В

На станцию В разрешено (см. рис. 1.5) подавать вагоны только со станций V, W. Наличный погрузочный ресурс этих станций составляет $350 + 120 + 200 = 670$ т, чего недостаточно для перевозки 3000 т. Примем решение о доставке имеющихся там вагонов, для чего потребуются затраты $7 \cdot 200 + 1 \cdot 100 + 4 \cdot 100 = 1900$ вагоно-километров. При этом заявка не будет удовлетворена.

Оценка результата решения

Затраты на доставку вагонов составят:

$$Z_1 = 3400 + 200 + 1900 = 5500 \text{ вагоно-километров.}$$

При этом будет удовлетворена только одна заявки из трёх или 33% спроса.

1.2.4. Решение задачи компьютерным методом

Обеспечение погрузочными ресурсами станции А

Как уже отмечалось выше, для поиска оптимального варианта решения требуется просмотреть достаточно большое число возможных вариантов. Для «ручного» решения это неприемлемо. Поэтому будем искать просто более выгодный результат, не претендующий на оптимальность.

Для станции А мы не можем найти более выгодный вариант. Поэтому остановимся на том, который был выбран в п. 1.2.3, требующему подачи 17 вагонов при затратах 3400 вагоно-километров. При этом на станции X останется ещё 23 вагона грузоподъёмностью 62 т, представляющий собой ресурс размером $62 \cdot 23 = 1426$ т.

Обеспечение погрузочными ресурсами станции Б

При отказе от балансового метода мы получаем возможность направлять вагоны на станцию погрузки из-за пределов балансовой зоны. Поэтому рассмотрим возможность направления вагонов со станций X, Y. По расстоянию до станции Б более выгодно рассмотреть прежде всего станцию Y (300 км против 600). Также выгодна эта станция по грузоподъёмности (120 т против 62).

Ресурс цистерн грузоподъёмностью 120 т составляет 1200 т, чего недостаточно для перевозки 2000 т. Поэтому направляем на станцию Б все вагоны данного типа, что потребует затрат $10 \cdot 300 = 3000$ вагоно-километров. Кроме того рассмотрим возможность удовлетворения заявки по оставшейся не удовлетворённой части на $2000 - 1200 = 800$ т.

Для удовлетворения можно направить вагоны грузоподъёмностью 62 т, так как их ресурс составляет 3100 т (что является больше 800). Для этого потребуется $800/62 = 13$ вагонов. Затраты составят $13 \cdot 300 = 3900$ вагоно-километров. Заявка будет удовлетворена. Останутся не использованными $50 - 13 = 37$ вагонов.

Затраты составят $3000 + 3900 = 6900$ вагоно-километров.

Обеспечение погрузочными ресурсами станции В

Для этой станции ближе всего подавать вагоны со станций V, W. (200 км, 100 км). Но их ресурс составляет всего $350 + 120 + 200 = 670$ т, чего недостаточно для перевозки 3000 т груза. Тем не менее, принимаем решение на подачу этих вагонов, для чего потребуются затраты $7 \cdot 200 + 1 \cdot 100 + 4 \cdot 100 = 1900$ вагоно-километров.

Остальной ресурс $3000 - 670 = 2330$ т будем искать на других станциях. Из двух станций X, Y ближайшей к В является Y (400 км против 600). На этой станции осталось 37 вагонов грузоподъёмностью 62 т, что позволяет перевести $37 \cdot 62 = 2294$ т. Поскольку требуется перевести 3000 т, то все 37 вагонов направ-

ляем на станцию В, затрачивая на это $37 \cdot 400 = 14800$ вагоно-километров. Для оставшихся $3000 - 2294 = 706$ т пытаемся подобрать другие вагоны.

Из имеющихся 100 вагонов грузоподъёмностью 60 т требуется выбрать $706/60 = 12$ вагонов. Эти вагоны также направляем на станцию В с затратами $12 \cdot 400 = 4800$ вагоно-километров.

Таким образом и третья заявка будет удовлетворена. Для этого потребуются затраты $1900 + 14800 + 4800 = 21500$ вагоно-километров.

Оценка результата решения

Затраты на перевозку составят:

$$Z_2 = 3400 + 6900 + 21500 = 31800 \text{ вагоно-километров.}$$

При этом все заявки на погрузку будут удовлетворены.

1.2.5. Сравнение результатов, полученных разными методами

По затратам балансовый метод оказался дешевле на $31800 - 3400 = 28400$ вагоно-километров. Но он позволил выполнить план перевозок только на 33%. Компьютерный метод позволяет выполнить план перевозок на 100%. Поскольку критерий оптимальности управления требует рассматривать экономию затрат только при условии выполнения плана, то расчёт показал, что по данному критерию метод, основанный на переборе вариантов, даёт лучшие результаты. Планы распределения вагонов разными методами показаны на рис. 1.6, 1.7.

Данные и расчёт затрат на доставку вагонов двумя методами

Спрос		Предложения вариантов станций отстоя и типов цистерн							Балансовый метод		Компьютерный метод	
Станция погрузки	Масса груза	Станция отстоя	Расстоя-ние	Вагонов	Тип	Грузо-подъём-ность	Ресурс	Плани-рование	Остаток вагонов	Плани-рование	Остаток вагонов	
		3	4	5	6	7	8					
1	2	X	200	40	732	62	2480	17 · 200 = 3400	23	10	17 · 200 = 3400	
				200	863	60	12000					
A	1000	Y	300	100	862	50	5000					
				10	794	120	1200					
				50	732	62	3100					
				100	863	60	6000					
		Z	400	V	500	2	794	120	240			
						70	862	50	3500			
						5	794	120	600			
						40	862	50	2000			
B	2000	X	600	40	732	62	2480					
				200	863	60	12000					
				100	862	50	5000					
				10	794	120	1200					
		Y	300	Z	100	50	732	62	3100			
						100	863	60	6000			
						2	794	120	240	0		
						300	862	50	3500			
W	600	V	5	794	120	600						
				40	862	50	2000					

Окончание табл. 1.1

Спрос		Предложения вариантов станций отстоя и типов цистерн					Балансовый метод		Компьютерный метод		
		Станция отстоя	Расстояние	Вагонов	Тип	Грузоподъемность	Ресурс	Планирование	Остаток вагонов	Планирование	Остаток вагонов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
				40	732	62	2480				
В	3000	Х	600	200	863	60	12000				
				100	862	50	5000				
				10	794	120	1200				
		У	400	50	732	62	3100			37 · 400=14800	0
		100	863	60	6000					12 · 400=4800	88
		2	300	794	120	240					
		7	200	862	50	350			0	7 · 200=1400	0
		1	100	794	120	120			0	1 · 100=100	0
		4	100	862	50	200			0	4 · 100=400	0

ПЛАН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОЖНИХ ВАГОНОВ И СПОСОБЫ ДОСТАВКИ

НА СТАНЦИИ ПОГРУЗКИ (ПРВП)

Вагоны: распределяемые. Род вагонов ЦС. Период с 15 ч до 18 ч
Утвержден в 14-55

Станции		Дата прибытия		Номер заявки	Вагоны		Способ доставки
		День	Месяц		Тип (Модель)	Всего	
Дислокации	Погрузки						
Имя Код	Имя Код						
Х	А			1	732	17	П

Рис. 1.6. План распределения цистерн, полученный балансовым методом

ПЛАН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОЖНИХ ВАГОНОВ И СПОСОБЫ ДОСТАВКИ НА СТАНЦИИ ПОГРУЗКИ (ЛРВП)										
Вагоны: распределяемые. Род вагонов ЦС. Период с 15 ч до 18 ч Утверждён в 14-55										
Станции			Дата прибытия		Номер заявки	Вагоны			Способ доставки	
Дислокации Имя	Код	Имя	Погрузки Код	День		Месяц	Тип (Модель)	Всего		В т.ч.
					X					
Y		B			2	794	10	23	M	
						732	13			
V		B			3	862	7	7	П	
W		B			3	794	1	5	П	
						862	4			

Рис. 1.7. План распределения цистерн , полученный компьютерным методом:
П – прицепные вагоны; М –маршрутная отправка

2. Задача № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДВИЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ ПО ВАРИАНТАМ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРУЕМЫМ ПАССАЖИРОПОТОКАМ

2.1. История вопроса

Пассажи́рские перево́зки играют важную роль в социальной и экономической жизни общества, обеспечивая потребности населения в перемещении по служебным надобностям, в места отдыха, по внутренним и международным туристическим маршрутам, в пригородных зонах больших и малых городов.

Впервые перевозка людей и багажа средствами железнодорожного транспорта была осуществлена 15 сентября 1830 года на железнодорожной линии Ливерпуль—Манчестер в Великобритании с вокзала «Ливерпул роуд стейшен». В России началом железнодорожных пассажирских перевозок считается 1837 год – открытие движения на участке Петербург – Царское Село Царскосельской железной дороги. Затем в 1851 году пассажирские перевозки были открыты на магистральной Петербурго-Московской железной дороге, где составляли до 8 тысяч пассажиров в год.

Пассажи́рские связи и пассажиро́токи на железных дорогах складывались и изменялись в зависимости от развития и размещения производительных сил в России, строительства новых железнодорожных линий.

С развитием промышленности, ростом городов и увеличением протяженности железнодорожной сети увеличивалась и работа железных дорог России по пассажирским перевозкам. В 1872 году она составила 2,3 миллиарда пассажиро-километров; в 1880 году – 3,1; в 1890 году – 3,8; в 1900 году – 9,7; в 1910 году – 17,2; в 1913 году – 22,3 миллиарда пассажиро-километров. Однако для такой страны, как дореволюционная Россия, с её огром-

ной территорией и большим населением объём пассажирских перевозок был весьма незначительным. Это объяснялось отсталостью страны и низким материальным уровнем жизни народа.

Октябрьская социалистическая революция обеспечила развитие промышленности и сельского хозяйства. Все это оказало существенное влияние на значительное увеличение пассажирских перевозок.

В 1940 году по сравнению с 1913 годом пассажирские перевозки возросли более чем в 4 раза: с 22,3 до 98 миллиардов пассажиро-километров. Число поездок, приходящееся на одного жителя в год, увеличилось за этот период с 1,3 до 6,5, то есть в 5 раз.

В 1957 году перевозки пассажиров во всех сообщениях превысили уровень 1913 года почти в 10 раз, а в пригородном сообщении в 25 раз. В летний период со всех станций железных дорог СССР отправлялось более 7 миллионов пассажиров в среднем за сутки. За прошедшие с этого времени годы пассажирские перевозки непрерывно возрастали. Наиболее интенсивно возрастали перевозки пригородных пассажиров. Особенно быстро росли объёмы пригородных перевозок на электрифицированных линиях. Важнейшим фактором, определяющим непрерывное увеличение пригородных пассажиропотоков, являлся быстрый рост в стране городского населения.

К 2000 году пассажирооборот на российских железных дорогах составил 141042 миллиона пассажиро-километров, из них: в дальнем сообщении 93091 миллион пассажиро-километров; в пригородном сообщении 47951 миллион пассажиро-километров. Число отправленных пассажиров во всех видах сообщения составило 1337509 тысяч человек, из них: и дальнем сообщении 111738 тысяч человек, в пригородном сообщении 1225771 тысяча человек. Средняя дальность поездки одного пассажира в дальнем сообщении 833 километра, в пригородном сообщении — 39 километров. Каждый житель страны в среднем совершил 8-9 поездок по железной дороге в год.

В конце 1990-х годов для пассажирских перевозок в России функционировало около 11 тысяч станций и остановочных

пунктов. Пассажирооборот только одной Московской железной дороги был примерно равен объёму пассажирских перевозок Великобритании и ФРГ, а Горьковской железной дороги — пассажирообороту США. В эксплуатационной деятельности российских железных дорог пассажирскими перевозками занято около трети общего числа работников железнодорожного транспорта, на пассажирские перевозки приходится почти пятая часть всех эксплуатационных расходов. В беспересадочном сообщении поезда курсировали на расстояния более 9 тысяч километров, а отдельные поездки пассажиры совершали на расстояния до 12 тысяч километров. В летний период ежедневно со станций формирования и оборота отправлялось до 2,5 тысяч поездов местного и прямого сообщения и более 17 тысяч — пригородного.

Несмотря на то, что пригородные пассажиры составляют на железных дорогах основную часть пассажиропотока, объем работы в пригородном сообщении в несколько раз меньше, чем в дальнем и местном. Это связано с тем, что дальние и местные пассажиры следуют на гораздо большие расстояния, чем пригородные.

Движение всех пассажирских поездов регламентируется графиком и расписанием их отправления и прибытия.

Пассажирские перевозки на российский железных дорогах в зависимости от дальности следования пассажиров подразделяются на прямые — в пределах двух и более дорог; местные — в пределах одной дороги на расстояние до 700 километров, пригородные — на расстояние до 200 километров. В соответствии с этими видами сообщений устанавливается формирование поездов следующих категорий: дальние поезда (на расстояние более 700 километров); местные поезда (на расстояние менее 700 километров); пригородные поезда (на пригородных линиях до 200 километров). В свою очередь, дальние и местные поезда делятся на скорые и пассажирские. Скорые поезда формируются из вагонов повышенной комфортабельности, имеют меньшую массу и населенность поезда, следуют с более высокими скоростями, безостановочно 200 — 300 километров с минимальной затратой времени на остановки. Фирменные скорые

поезда обычно следуют между столичными городами, крупными промышленными и курортными центрами. Пассажирские поезда формируются из вагонов меньшей комфортабельности, чем скорые, имеют большую массу и меньшую маршрутную скорость, более частые остановки.

Пригородные поезда имеют меньшую массу, чем дальние и местные, и, как правило, большую населенность и частые остановки в пригородных зонах. Туристско-экскурсионные поезда формируются из вагонов одной категории и могут следовать в любом сообщении. Грузопассажирские поезда формируются из вагонов пассажирского и грузового парка на малодеятельных участках с незначительными пассажиропотоками. Почтово-багажные поезда формируются из почтовых и багажных вагонов.

Организация пассажирских перевозок осуществляется на основе прогнозирования и статистических законов изменения пассажиропотоков во времени. В эксплуатационной работе руководствуются перспективными, годовыми и оперативными планами пассажирских перевозок, в которых устанавливаются объёмы пассажирских перевозок по числу отправленных пассажиров, по видам сообщений, по числу перевезенных пассажиров, пассажирообороту и средней дальности поездки одного пассажира. Существенную роль в организации пассажирских перевозок играют специализированные обследования потоков пассажиров по отдельным узлам и направлениям.

Международное пассажирское сообщение российскими железными дорогами осуществляется в странах Европы и Азии. При покупке билета на начальной станции пассажир может проследовать прямым вагоном (без пересадки) в 46 сообщениях по железным дорогам Германии, Польши, Австрии, Словакии, Чехии, Венгрии, Румынии, Болгарии, Италии, Хорватии, Югославии, Финляндии, Китая, Монголии, Северной Кореи. Поезда и беспересадочные вагоны, курсирующие в международном сообщении, обслуживаются как российскими железными дорогами, так и железными дорогами Польши, Чехии, Словакии, Финляндии, Монголии, Китая и Северной Кореи. В вагонах имеются места первого класса (двухместное купе) и второго

класса (трёхместное и четырёхместное купе), по соответствующему тарифу можно приобрести билет «сингль» (один человек в купе). Организована продажа проездных документов на места в специализированные «мужские» или «женские» купе. Поездки могут осуществляться как индивидуально, так и группами. Для пассажиров, следующих в международном сообщении, действует разветвлённая система скидок со стоимости проезда.

Благодаря взаимодействию российской и европейских систем резервирования билетов в международных кассах можно оформить проездные документы до станций Болгарии, Великобритании, Чехии, Люксембурга, Греции, Германии, Дании, Италии, Хорватии, Югославии, Венгрии, Нидерландов, Норвегии, Австрии, Швейцарии, Бельгии, Швеции, Франции, Румынии, Словении, Турции, Словакии. По заявкам туристических агентств осуществляются перевозки туристов отдельными туристическими поездами как в международном сообщении, так и по дорогам России, стран СНГ и Балтии. Для этих поездок используются поезда и вагоны повышенной комфортабельности.

Официальным документом, в котором зафиксированы периодичность, маршруты следования, время отправления и прибытия пассажирских поездов всех категорий на станции и остановочные пункты, является расписание движения. Для российских железных дорог расписание на определенный срок (год, сезон) устанавливает ОАО «Российские железные дороги», которое может при необходимости вносить в расписание изменения.

2.2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО СОСТОЯНИЯ

2.2.1. Планирование пассажирских перевозок

Основной задачей планирования пассажирских перевозок является реализация потребностей населения в передвижении при оптимальном использовании транспортных средств.

Разработка планов пассажирских перевозок — чрезвычайно сложная задача. Объясняется это тем, что подвижность насе-

ния под влиянием многих факторов, не поддающихся простому учёту, постоянно меняется и точно определить её заранее весьма трудно. Вместе с тем, для организации эффективной работы пассажирского транспорта при качественном удовлетворении населения необходимо стремиться к наиболее точному определению в плане не только объема, структуры и расстояния перевозок пассажиров, но и тенденции их изменения в перспективе, так как от этого зависят потребность в локомотивах, вагонах разного типа и других транспортных средствах, а также в инвестициях, направленных на развитие и реконструкцию пассажирского транспорта.

Планирование пассажирских перевозок существенно отличается от разработки планов по грузовым перевозкам. Оно основано преимущественно на анализе отчётных данных и выявлении закономерностей развития пассажирских перевозок.

Широкое использование отчётных данных имеет особое значение при разработке текущих планов пассажирских перевозок. Сопоставление плановых показателей с их значениями за предыдущие годы позволяет избежать ошибок при разработке показателей в годовом плане. На железнодорожном транспорте, как правило, большая часть показателей плана пассажирских перевозок, и особенно по сети в целом, по годам меняется незначительно. Поэтому, если обнаруживается, что планируемый показатель в предплановом году резко отклонился от его величины предыдущих лет, необходимо выяснить причину такого резкого отклонения. Так, первые годы формирования рыночных отношений в России вызвали существенное снижение платежеспособного спроса населения на перевозки и, как следствие, большое падение объёма перевозок пассажиров на железнодорожном транспорте, продолжавшееся до второго полугодия 1999 года.

Планирование по отчётным данным без применения дополнительных методов имеет существенный недостаток. Отчётность о перевозках пассажиров отражает лишь фактически реализованный спрос на транспортные услуги. Поэтому при планировании перевозок пассажиров на дорогах подробно

изучаются и другие факторы, влияющие на объём и структуру пассажирских перевозок. Анализ транспортного рынка сейчас становится важнейшей частью работы по планированию и организации пассажирских перевозок. Создание на дорогах маркетинговых подразделений позволяет анализировать спрос населения на различные условия перевозок, выявлять уровень неудовлетворённого спроса, его причины и возможности ликвидации в планируемом периоде. На направлениях, где параллельно железным дорогам перевозки осуществляются и другими видами сообщений, анализируется спрос пассажиров на другие виды транспорта, уровень оплаты поездки у конкурентов, тенденции развития перевозок и другие показатели. В результате анализа разрабатываются эффективные меры повышения конкурентоспособности железных дорог.

Перевозки пассажиров планируются как в целом, так и по видам сообщения. Для каждого вида пассажирских перевозок характерны свои закономерности развития. На изменение объёма пригородных перевозок могут оказывать влияние увеличение частоты движения поездов или открытие остановочных пунктов, изменение режима труда и отдыха населения, расширение пригородной зоны.

Уровень платежеспособного спроса населения и конкурентоспособности других видов транспорта, развитие промышленности, сельского хозяйства в экономических районах страны, развитие транспортной сети и другие факторы могут резко изменить потоки пассажиров в дальнем следовании. Поэтому при разработке годового плана дальние перевозки пассажиров и их неравномерность необходимо анализировать по отдельным районам и важнейшим железнодорожным направлениям.

При планировании пассажирских перевозок учитывают возможные изменения доходов населения, тарифов у конкурентов, состояние санаторно-курортной базы в стране, ожидаемые результаты мероприятий по повышению качества пассажирских перевозок, развитию сервиса и внедрению новых видов услуг.

Годовой план пассажирских перевозок составляется по сети в целом и по железным дорогам. В плане определяются следующие

щие показатели: число отправленных пассажиров, число перевезённых пассажиров, пассажирооборот и средняя дальность поездки. Показатели рассчитываются как в целом, так и по видам сообщения.

Объём перевозок по сети равен сумме отправления пассажиров со станций сети и их приёма с зарубежных дорог, а объём перевозок по дорогам — сумме отправления пассажиров со станций дорог и приёма с других дорог.

Пассажирооборот рассчитывают умножением количества перевезённых пассажиров на среднюю дальность поездки пассажира. Среднюю дальность поездки устанавливают в плане на основе отчётных данных с учётом прогнозируемого изменения в планируемом году.

При прогнозировании объёмов пассажирских перевозок учитывают динамику основных макроэкономических показателей социально-экономического развития страны, а именно: численности населения, реальных доходов, уровня промышленного производства и инфляционных процессов.

В зависимости от поставленной цели прогнозы пассажирских перевозок могут разрабатываться на различные периоды. В практике принято разрабатывать среднесрочные прогнозы (на 5–7 лет) и на более длительную перспективу (10 и более лет).

Прогнозирование пассажирских перевозок, особенно на длительный период, значительно сложнее, чем текущее планирование. По истечении длительного времени увеличивается и изменяется структура сети путей сообщения, видоизменяется экономика страны, иной характер приобретают потребности населения в передвижении. В связи с этим возможность широкого использования отчётных данных при прогнозировании снижается.

Для определения показателей прогноза пассажирских перевозок используют различные методы, базирующиеся на выявлении общих закономерностей изменения пассажирских перевозок в стране. При разработке краткосрочных и среднесрочных прогнозов находит применение, в частности, метод

экстраполяции, когда в результате анализа перевозок за прошлые годы темпы их изменения в прогнозируемом периоде устанавливаются с некоторой корректировкой, отражающей влияние разных факторов. Однако этот метод не обеспечивает необходимой точности прогнозирования из-за недостаточной изученности закономерностей изменения показателей в зависимости от факторов, оказывающих на них влияние. Поэтому находят применение и другие методы прогнозирования: метод экспертных оценок, аналогии и другие.

Практика разработки прогнозов на длительный период основывается, в основном, на изучении изменения численности населения в перспективе и изменения его транспортной подвижности с учетом тенденций распределения пассажиропотоков по видам транспорта. Анализ различных методов, применяемых при прогнозировании перевозок на длительный период, показывает, что прогнозирование объема перевозок и пассажирооборота по транспортной подвижности населения обеспечивает наиболее высокую точность величины этих показателей.

На основе прогнозируемой численности населения и прогнозирования его подвижности по числу поездок определяют общий объем пассажирских перевозок на перспективу. Пассажирооборот рассчитывают умножением численности населения на транспортную подвижность в пассажиро-километрах.

Потребность в передвижении у населения различных социальных групп неодинакова, что связано с уровнем и образом их жизни, особенностями трудовой деятельности. Точность прогнозируемых показателей повышается, если их определяют по экономическим районам, областям и социальным группам населения (городским и сельским жителям, учащимся) с детальным анализом тенденций и закономерностей изменения подвижности населения на разных видах транспорта.

В планировании пассажирских перевозок применяется научное экономико-математическое прогнозирование по многофакторным данным с использованием математических методов и вычислительной техники. Разрабатываются многовариантные прогнозы на различные прогнозируемые периоды.

2.2.2. Определение размеров и категорий пассажирских поездов дальнего сообщения

На основании данных о пассажиропотоках могут быть составлены различные варианты числа, назначений и категорий поездов.

Размеры движения определяются для каждого вида сообщения отдельно. Однако местные пассажирские потоки частично могут быть освоены поездами прямого сообщения, поэтому эти два вида сообщений при определении размеров движения принимаются в общий расчёт.

Определение размеров движения сводится к последовательному решению ряда задач:

- распределение транзитных потоков по сети дорог или полигону и определение на этой основе расчетной густоты движения пассажиров по участкам;
- выбор массы, скорости, композиции составов, определяющей расчетную населенность поездов;
- определение числа назначений и категорий поездов и беспересадочных вагонов, необходимых для освоения пассажиропотока.

Особенностью существующей сети дорог является наличие двух или нескольких возможных маршрутов следования из одного пункта в другой. Очевидно, что для организации пассажирских потоков в поезда нужно знать, по какому именно ходу будут следовать те или иные пассажиропотоки. Такая «накладка» расчётных корреспонденций на заданную сеть дорог возможна только для транзитных пассажиропотоков и осуществляется с учётом целого ряда факторов, среди которых необходимо учитывать пропускную способность, используемую как для грузового, так и пассажирского движения, техническое оснащение рассматриваемых направлений, специализацию вокзалов крупных узлов и ряд других требований.

В упрощенном виде «накладка» корреспонденции на заданную сеть дорог может быть выполнена по показателю времени, т.е. из нескольких возможных маршрутов следования выбира-

ется маршрут с наименьшим временем. «Накладка» всех заданных корреспонденций на заданную сеть позволяет определить густоту пассажиропотока по каждому направлению и построить диаграммы пассажиропотоков.

Для определения размеров движения необходимо установить расчетную вместимость составов пассажирских поездов, которая зависит от количества вагонов в составе поезда, личного парка по типам вагонов, вследствие чего определится масса поезда. В соответствии с массой и скоростью выбирается мощность локомотива.

При заданной мощности локомотива, чем больше скорость движения, тем меньше масса поезда. Поэтому масса пассажирского поезда, скорость движения, расчётная вместимость — величины взаимосвязанные. При заданной схеме состава, чем больше скорость движения, тем меньше времени пассажир находится в пути; меньше потребуется бригад, обслуживающих поезда; подвижного состава, так как он быстрее оборачивается. В то же время для следования с большей скоростью нужно потратить больше электроэнергии или дизельного топлива, больше будет износ и стоимость последующего ремонта подвижного состава и пути. Поэтому скорость движения выбирается на основе специальных расчётов, позволяющих найти такое её значение, при котором затраты, оценивающие перечисленные выше факторы, являются минимальными. Исследования показывают, что максимальная скорость движения пассажирских поездов должна достигать 140 километров в час и скоростных 160 — 200 километров в час.

Выбор уровня скорости зависит также от конкретных условий рассматриваемого направления. Если на направлении много кривых малого радиуса, то реализовать высокие скорости на нём не представляется возможным из-за ограничений в кривых участках пути. Такое ограничение связано с погашением центробежной силы, возникающей на кривых участках пути и обеспечением необходимого комфорта для пассажиров. Это касается и направлений с частым расположением станций. Удобство отправления и прибытия пассажиров — фактор, который должен учитываться при установлении скорости.

Существенным ограничением при установлении весовой нормы, числа вагонов в составе поезда является длина станционных приёмоотправочных путей и пассажирских платформ. Поэтому масса поезда и число вагонов должны устанавливаться в зависимости от конкретных условий на рассматриваемом направлении.

На железных дорогах обращаются поезда двух категорий: скорые и пассажирские. К категории скорых относятся поезда, обеспеченные прямым потоком и имеющие: остановки только на станциях технических стоянок; удобное время отправления с начальных станций и прибытия на конечные; более комфортабельные вагоны.

Количество поездов той или иной категории определяется делением расчётного пассажиропотока на заданную вместимость поездов.

2.3. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ «ЭКСПРЕСС» И ИНТЕРНЕТ КАК ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Обеспечение устойчивого функционирования железных дорог на рынке транспортных услуг требует дальнейшего развития и внедрения новых задач и информационных технологий в сфере управления пассажирским комплексом. Функционирование систем в реальном масштабе времени, создание единой информационной базы для железных дорог позволяют автоматизированной системе управления (далее по тексту – АСУ) «Экспресс», наряду с решением традиционных задач по резервированию и оформлению проездных документов, автоматизировать все основные процессы управления в пассажирском хозяйстве.

В 1972 году была введена в эксплуатацию АСУ «Экспресс-1» и было положено начало работ по автоматизации управления пассажирскими перевозками. С помощью данной системы был исключен ручной труд по выписыванию билетов, операции

диспетчеров по резервированию мест взяла на себя система, была автоматизирована работа по составлению всех видов отчетности. В 1976 году к системе было подключено 400 касс, в 1980 году – 600 касс. Но уже к началу 80-х годов стала проявляться недостаточная мощность системы «Экспресс-1», которая проявлялась в наличии очередей в билетных кассах и низком уровне информационно-справочного обслуживания.

В 1982 г. на смену АСУ «Экспресс-1» ввели АСУ «Экспресс-2». Данная система на Московской железной дороге позволила обеспечить увеличение ежесуточного отправления пассажиров до 144 тысяч, а в отдельные дни до 200 тысяч. Была выполнена полная автоматизация продажи билетов заблаговременно и по ходу следования поезда, исключён ручной учёт мест проводниками, внедрена автоматическая передача сведений о высадке пассажиров за пределами Московской железной дороги.

Московский информационно-вычислительный центр долгие годы является своеобразным испытательным полигоном для проверки новых решений по автоматизации управления пассажирскими перевозками. Проверенные новые программно-технологические решения и задачи тиражируются на сеть дорог.

В настоящее время на сети железных дорог государств СНГ, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской Республики функционируют центры АСУ «Экспресс», которые, взаимодействуя между собой, образуют единую вычислительную сеть обслуживания пассажиров. Вся сеть железных дорог разделена на регионы, которые обслуживаются закрепленными за ними системами «Экспресс».

Информация о всех поездах, курсирующих на сети железных дорог, распределяется между системами по принципу их отправления с территории соответствующей железной дороги.

На современном этапе реформирования железнодорожного транспорта и перехода к рыночным условиям работы решающая роль отводится информатизации и внедрению передовых технологий во все сферы деятельности транспорта. В области пассажирских перевозок носителей новейших информацион-

ных технологий стала автоматизированная система управления пассажирскими перевозками АСУ «Экспресс-3».

Эта система разрабатывалась в соответствии с требованиями железных дорог СНГ. При этом ставились цели повышения эффективности перевозочного процесса за счёт организации оперативного управления перевозочным процессом, роста рентабельности пассажирских перевозок и производительности труда работников железных дорог, повышения уровня обслуживания и предоставления разнообразных услуг пассажирам. В числе других задач – создание механизма автоматизации взаиморасчётов за пассажирские перевозки и формирование информационной базы для маркетинговой деятельности и гибкой тарифной политики в целях увеличения доходов от пассажирских перевозок и автоматического получения основных показателей по перевозкам.

АСУ «Экспресс-3» представляет собой человеко-машинную систему коллективного пользования, включающую в себя совокупность административных, технологических средств. Они позволяют в режиме реального времени обслуживать пассажиров и, в отличие от системы «Экспресс-2», управлять пассажирскими перевозками. Система разрабатывалась как инструмент, с помощью которого командный состав может разрешать разнообразные проблемы, возникающие в сфере пассажирских перевозок. Функциональные возможности системы «Экспресс-3» могут развиваться в различных направлениях, превращая её в многофункциональный комплекс, сфера действия которого через сети связи охватывает все железные дороги, включая взаимодействие с системами других видов транспорта. Это даёт возможность сосредоточить все наиболее важные нити централизованного управления, используя развитую вычислительную сеть связи.

В соответствии с концепцией информатизации железнодорожного транспорта России система «Экспресс-3» по своим выполняемым функциям входит в комплексы информационных технологий управления перевозочным процессом, управления маркетингом, экономикой и финансами, управления инфраструктурой железнодорожного транспорта.

Она базируется на использовании современных средств вычислительной техники, систем управления базами данных и баз данных пассажирских перевозок с применением перспективных инструментальных средств разработки программного обеспечения. Система предусматривает автоматизированное взаимодействие с другими системами железнодорожного транспорта и разных видов транспорта, организаций. Её функционирование основывается на использовании средств телекоммуникации и передачи данных с защитой информации от несанкционированного доступа. Объектами автоматизации «Экспресс-3» являются пассажирское и финансовое хозяйство по их основным информационно-технологическим направлениям в разрезе пассажирских перевозок.

В функциональном отношении АСУ «Экспресс-3» включает в себя ряд подсистем, предназначенных для информатизации основных технологических процессов пассажирского хозяйства.

Процесс управления пассажирским комплексом базируется на нормативных, эксплуатационных и экономических показателях, получаемых из системы «Экспресс-3». Эти показатели характеризуют процесс управления пассажирскими перевозками.

Количественные показатели характеризуют объём перевозочной работы. К ним отнесены корреспонденции пассажиропотоков, количество отправленных пассажиров, пассажиропоток, пробег в вагонно- и поездо-километрах, объёмы посадки и высадки по станциям.

Корреспонденции пассажиропотоков служат основой для решения проблем, связанных с построением плана формирования, графика движения поездов и выработки оперативных регулировочных мероприятий. корреспонденции учитываются по всем станциям, на которые производится посадка и высадка пассажиров. Корреспонденции рассчитываются по поездам дальнего и местного сообщения, заданным группам поездов, железным дорогам и направлениям.

Совершенствование управления бизнес-задачами информационно-справочного обслуживания и рекламы способствует привлечению клиентуры для осуществления поездок, форми-

рованию привлекательного имиджа пассажирского железнодорожного транспорта, развитию сети информационного обслуживания пассажиров, формированию инвестиционных программ развития средств информационно-справочного обслуживания и рекламы. В этих целях в развитие системы «Экспресс-3» были внедрены информационные системы коллективного пользования и соответствующие информационно-справочные устройства, WEB-портал ОАО «РЖД» и WEB-портал системы «Экспресс-3».

Перспективным направлением является увеличение использования ресурсов Интернета и мобильных устройств для самостоятельного получения пассажирами всей необходимой им информации, включая выдачу электронных билетов на поезда дальнего следования.

2.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В задаче требуется определить размеры движения пассажирских поездов по вариантам плана формирования и прогнозируемым пассажиропотокам при расчётной вместимости скорых и пассажирских поездов.

Вместимость состава зависит от категории пассажирского поезда, массы и композиции. В соответствии с числом вагонов устанавливают композицию состава и определяют его вместимость. Число вагонов в составе определяется также длиной пассажирских платформ.

Требуется построить диаграмму пассажиропотоков и вариантов плана формирования скорых и пассажирских поездов, на которой необходимо отразить указанные данные размеров движения поездов.

Диаграмма является наглядным представлением результатов решения задачи. В верхней части (половине) диаграммы пассажиропотоков и вариантов плана формирования поездов указываются (схематично и в цифрах):

- рассматриваемое направление А-Д, состоящее из четырёх участков, границами которых являются станции А, Б, В, Г и Д;

- возможные варианты передвижения пассажиров по участкам направления А-Д (пассажиропотоки);
- общий среднесуточный плановый пассажиропоток на каждом участке направления без учёта пассажиров, перевозимых с предыдущих станций;
- общий среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на каждом участке направления (с учётом пассажиров, перевозимых с предыдущих станций).

В нижней части (половине) диаграммы указываются (схематично и в цифрах) полученные из расчётов данные вариантов плана формирования скорых и пассажирских поездов:

- число мест, предоставляемых в сутки, при расчётных размерах движения назначенных пассажирских и скорых поездов, курсирующих в сообщениях на рассматриваемом направлении;
- число мест, предоставляемых в сутки, при расчётных размерах движения по каждому участку направления.

По каждому назначению рассматриваемого варианта плана формирования устанавливают категорию и определяют размеры движения поездов.

Варианты требуется сравнить по минимальному потребному парку вагонов и локомотивов и по максимальному среднесуточному пробегу и населенности составов.

2.5. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Входная текущая информация:

- A_{A-D} — среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на направлении А-Д, человек;
- A_{A-G} — среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на направлении А-Г, человек;
- A_{A-B} — среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на направлении А-В, человек;
- A_{A-B} — среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на направлении А-Б, человек;

- $A_{Б-Д}$ — среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на направлении Б-Д, человек;
- $A_{Б-Г}$ — среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на направлении Б-Г, человек;
- $A_{Б-В}$ — среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на направлении Б-В, человек;
- $A_{В-Д}$ — среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на направлении В-Д, человек;
- $A_{В-Г}$ — среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на направлении В-Г, человек;
- $A_{Г-Д}$ — среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на направлении Г-Д, человек.
- $Q_{ск}$ — количество вагонов в составе скорого поезда, вагоны;
- $Q_{пс}$ — количество вагонов в составе пассажирского поезда, вагоны;
- $q_{ск}^{cp}$ — среднее количество пассажиров, приходящееся на один вагон в составе скорого поезда (при расчёте вместимости), человек;
- $q_{пс}^{cp}$ — среднее количество пассажиров, приходящееся на один вагон в составе пассажирского поезда (при расчёте вместимости), человек.

Нормативно-справочная информация:

- k — коэффициент суточной неравномерности пассажиропотоков для расчёта средней вместимости состава, равен 0,90 — 0,95 от расчетной вместимости состава.

Выходная информация:

- $\alpha_p^{ск}$ — расчетная вместимость состава скорого поезда, человек;
- $\alpha_p^{пс}$ — расчетная вместимость состава пассажирского поезда, человек;
- $\alpha_{ск}$ и $\alpha_{пс}$ — средняя вместимость состава скорого и пассажирского поезда с учётом суточной неравномерности пассажиропотоков, человек;

- A_4, A_3, A_2 и A_1 – общий среднесуточный плановый пассажиропоток на участке (Г-Д, В-Г, Б-В и А-Б соответственно) без учёта пассажиров, перевозимых с предыдущих станций, человек;
- A_{IV}, A_{III}, A_{II} и A_I – общий среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на участках Г-Д, В-Г, Б-В и А-Б соответственно, человек;
- M_{A-B} – число мест, предоставляемых в сутки, при расчётных размерах движения назначенных пассажирских и скорых поездов, курсирующих в сообщении А-В;
- M_{A-G} – число мест, предоставляемых в сутки, при расчётных размерах движения назначенных пассажирских и скорых поездов, курсирующих в сообщении А-Г;
- M_{A-D} – число мест, предоставляемых в сутки, при расчётных размерах движения назначенных пассажирских и скорых поездов, курсирующих в сообщении А-Д;
- M_{IV}, M_{III}, M_{II} и M_I – число мест, предоставляемых в сутки, при расчётных размерах движения по участку Г-Д, В-Г, Б-В и А-Б соответственно;
- N_{II} – общее количество поездов по рассматриваемым назначениям плана формирования, единиц.

Диаграмма пассажиропотоков и вариантов плана формирования скорых и пассажирских поездов (формат диаграммы представлен на рис. 2.1).

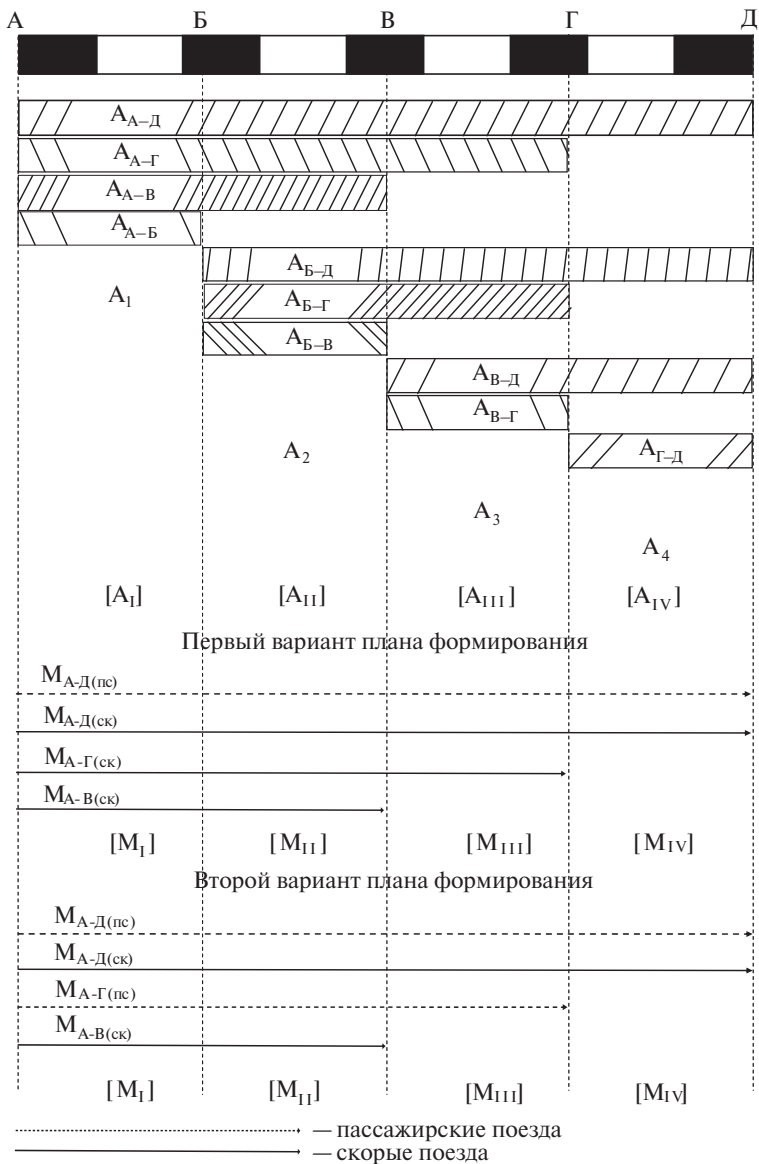


Рис. 2.1. Формат диаграммы пассажиропотоков и вариантов плана формирования скорых и пассажирских поездов (пассажирские и скорые поезда отражены произвольно)

$$\text{Критерий оптимальности: } \begin{cases} \sum_{i=1}^{IV} M_i \rightarrow \sum_{j=1}^{IV} A_j, \\ \sum_{i=1}^{IV} M_i \geq \sum_{j=1}^{IV} A_j. \end{cases}$$

где « \rightarrow » — знак, свидетельствующий о стремлении одного значения к другому.

2.6. ОПИСАНИЕ МЕТОДА РЕШЕНИЯ И ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Расчётная вместимость скорых поездов определяется по формуле:

$$\alpha_p^{ck} = Q_{ck} \times q_{ck}^{cp}. \quad (2.1)$$

Расчётная вместимость пассажирских поездов определяется по формуле:

$$\alpha_p^{nc} = Q_{nc} \times q_{nc}^{cp}. \quad (2.2)$$

Среднюю вместимость состава скорого поезда с учётом суточной неравномерности пассажиропотоков определяют по формуле:

$$\alpha_{ck} = \alpha_p^{ck} \times k. \quad (2.3)$$

Среднюю вместимость состава пассажирского поезда с учётом суточной неравномерности пассажиропотоков определяют по формуле:

$$\alpha_{nc} = \alpha_p^{nc} \times k. \quad (2.4)$$

Общий среднесуточный плановый пассажиропоток на участках Г-Д, В-Г, Б-В и А-Б без учёта пассажиров, перевозимых с предыдущих станций, определяют по следующим формулам:

$$A_4 = A_{\Gamma-Д}, \quad (2.5)$$

$$A_3 = A_{B-Д} + A_{B-\Gamma}, \quad (2.6)$$

$$A_2 = A_{B-Д} + A_{B-\Gamma} + A_{B-B}, \quad (2.7)$$

$$A_1 = A_{A-Д} + A_{A-\Gamma} + A_{A-B} + A_{A-B}. \quad (2.8)$$

Общий среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок на участках $\Gamma-Д$, $B-\Gamma$, $B-B$ и $A-B$ определяют по следующим формулам:

$$A_{IV} = A_4 + A_{B-Д} + A_{B-Д} + A_{A-Д}, \quad (2.9)$$

$$A_{III} = A_3 + A_{B-\Gamma} + A_{B-Д} + A_{A-\Gamma} + A_{A-Д}, \quad (2.10)$$

$$A_{II} = A_2 + A_{A-B} + A_{A-\Gamma} + A_{A-Д}, \quad (2.11)$$

$$A_I = A_I. \quad (2.12)$$

Данные о среднесуточном пассажиропотоке на направлениях указаны в исходных данных к задаче (также отражаются на диаграмме пассажиропотоков и вариантов плана формирования дальних и местных пассажирских поездов – см. показательное решение задачи, подраздел 2.7 настоящего учебного пособия).

Общее число поездов по рассматриваемым назначениям плана формирования определяют по формуле:

$$N = \frac{\beta_{ск} \times A_{max}}{\alpha_{ск}} + \frac{(1 - \beta_{ск}) \times A_{max}}{\alpha_{пс}}, \quad (2.13)$$

где A_{max} — среднесуточный плановый пассажиропоток максимальных перевозок (определяется по данным статистической отчетности и материалам по прогнозу пассажиропотоков);

$\beta_{ск}$ — доля пассажиропотока, обслуживаемого скорыми поездами.

В соответствии с числом вагонов устанавливают композицию состава и определяют его вместимость.

По каждому назначению рассматриваемого варианта плана формирования устанавливают категорию и определяют размеры движения пассажирских поездов.

Варианты сравнивают по минимальному потребному парку вагонов и локомотивов и по максимальному среднесуточному пробегу и населённости составов.

В каждом варианте определяют число мест, предоставляемых в сутки, при расчётных размерах движения по участкам направления по следующим формулам:

$$M_I = M_{II} = M_{A-B} + M_{A-\Gamma} + M_{A-D}, \quad (2.14)$$

$$M_{III} = M_{A-\Gamma} + M_{A-D}, \quad (2.15)$$

$$M_{IV} = M_{A-D}. \quad (2.16)$$

При этом число мест, предоставляемых в сутки, при расчётных размерах движения назначенных пассажирских и скорых поездов, курсирующих в сообщениях А-В, А-Г и А-Д, определяют по следующим формулам:

$$M_{A-B} = \sum (N_{A-B}^{ck} \times \alpha_{ck}) + \sum (N_{A-B}^{nc} \times \alpha_{nc}), \quad (2.17)$$

$$M_{A-\Gamma} = \sum (N_{A-\Gamma}^{ck} \times \alpha_{ck}) + \sum (N_{A-\Gamma}^{nc} \times \alpha_{nc}), \quad (2.18)$$

$$M_{A-D} = \sum (N_{A-D}^{ck} \times \alpha_{ck}) + \sum (N_{A-D}^{nc} \times \alpha_{nc}), \quad (2.19)$$

где $N_{A-D}^{ck(nc)}$, $N_{A-\Gamma}^{ck(nc)}$ и $N_{A-B}^{ck(nc)}$ — количество скорых (пассажирских) поездов по рассматриваемым назначениям плана формирования (А-Д, А-Г и А-В соответственно).

Из сопоставления вариантов делают вывод о том, какой вариант обеспечивает лучшее использование предложенных мест по участкам.

2.7. ПОКАЗАТЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Входная текущая информация:

$$A_{A-D} = 600;$$

$$A_{A-\Gamma} = 500;$$

$$A_{A-B} = 800;$$

$$A_{A-B} = 1100;$$

$$A_{B-D} = 200;$$

$$A_{B-\Gamma} = 300;$$

$$A_{B-B} = 500;$$

$$A_{B-D} = 500;$$

$$A_{B-\Gamma} = 200;$$

$$A_{\Gamma-D} = 100.$$

$$Q_{ск} = 18;$$

$$Q_{пс} = 20;$$

$$q_{ск}^{cp} = 40;$$

$$q_{пс}^{cp} = 47.$$

Нормативно-справочная информация:

$$k = 0,90;$$

Определим общий среднесуточный плановый пассажиропоток на участках Г-Д, В-Г, Б-В и А-Б без учёта пассажиров, перевозимых с предыдущих станций:

$$A_4 = 100 \text{ (пассажиров);}$$

$$A_3 = 500 + 200 = 700 \text{ (пассажиров);}$$

$$A_2 = 200 + 300 + 500 = 1000 \text{ (пассажиров);}$$

$$A_1 = 600 + 500 + 800 + 1100 = 3000 \text{ (пассажиров).}$$

Определим общий среднесуточный плановый пассажиро-поток максимальных перевозок на участках Г-Д, В-Г, Б-В, А-Б и в целом на направлении:

$$A_{IV} = 100 + 500 + 200 + 600 = 1400 \text{ (пассажиров);}$$

$$A_{III} = 700 + 300 + 200 + 500 + 600 = 2300 \text{ (пассажиров);}$$

$$A_{II} = 1000 + 800 + 500 + 600 = 2900 \text{ (пассажиров);}$$

$$A_I = 3000 \text{ (пассажиров).}$$

$$\sum_{j=I}^{IV} A_j = 3000 + 2900 + 2300 + 1400 = 9600 \text{ (пассажиров).}$$

Необходимым условием является назначение пассажирского поезда на участке А-Д для обеспечения внутриучастковых вагонопотоков.

Вариант 1. $N_{A-D}^{пс} = 1.$

Средняя вместимость пассажирского поезда равна:

$$\alpha_{пс} = 940 \times 0,9 = 850 \text{ (пассажиров);}$$

$$N_{A-D}^{ск} = \frac{A_{IV} - 1 \times \alpha_{пс}}{\alpha_{ск}} = \frac{1400 - 850}{650} = 0,85.$$

(назначается один поезд ежедневно, кроме понедельника, что повысит населенность состава);

$$\alpha_{ск} = 720 \times 0,9 = 650 \text{ (пассажиров);}$$

$$\begin{aligned} N_{A-G}^{ск} &= \frac{A_{III} - (\alpha_{пс} \times N_{AD}^{пс} + \alpha_{ск} \times N_{AD}^{ск})}{\alpha_{ск}} = \\ &= \frac{2300 - (850 \times 1 + 650 \times 1)}{650} = 1,23 \approx 1,5 \end{aligned}$$

(один скорый поезд в сообщении А-Г курсирует каждый день, а другой через день, исключая понедельник);

$$N_{A-B}^{ck} = \frac{A_I - (\alpha_{nc} \times N_{AD}^{nc} + \alpha_{ck} \times N_{AD}^{ck} + \alpha_{ck} \times N_{AG}^{ck})}{\alpha_{ck}} =$$

$$= \frac{3000 - (850 \times 1 + 650 \times 1 + 650 \times 1,5)}{650} = 0,81$$

(назначается один поезд).

Вариант 2. $N_{A-д}^{nc} = 1$.

$$N_{A-д}^{ck} = \frac{A_{IV} - 1 \times \alpha_{nc}}{\alpha_{ck}} = \frac{1400 - 850}{650} = 0,85$$

(назначается один поезд ежедневно, кроме понедельника);

$$N_{A-Г}^{nc} = \frac{A_{III} - (\alpha_{nc} \times N_{AD}^{nc} + \alpha_{ck} \times N_{AD}^{ck})}{\alpha_{nc}} =$$

$$= \frac{2300 - (850 \times 1 + 650 \times 1)}{850} = 0,94$$

(назначается один поезд).

На участке А-В назначим скорые поезда:

$$N_{A-B}^{ck} = \frac{A_I - (\alpha_{nc} \times N_{AD}^{nc} + \alpha_{ck} \times N_{AD}^{ck} + \alpha_{nc} \times N_{AG}^{nc})}{\alpha_{ck}} =$$

$$= \frac{3000 - (850 \times 1 + 650 \times 1 + 850 \times 1)}{650} = 1.$$

В каждом варианте плана формирования определим число мест, предоставляемых в сутки, при расчётных размерах движения по участкам и в целом по направлению:

Вариант 1:

$$M_I = M_{II} = 650 + 975 + 650 + 850 = 3125 \text{ (мест);}$$

$$M_{III} = 975 + 650 + 850 = 2475 \text{ (мест);}$$

$$M_{IV} = 650 + 850 = 1500 \text{ (мест);}$$

$$\sum_{i=I}^{IV} M_i = 3125 + 3125 + 2475 + 1500 = 10225 \text{ (мест).}$$

Вариант 2:

$$M_I = M_{II} = 650 + 850 + 650 + 850 = 3000 \text{ (мест);}$$

$$M_{III} = 850 + 650 + 850 = 2350 \text{ (мест);}$$

$$M_{IV} = 650 + 850 = 1500 \text{ (мест);}$$

$$\sum_{i=I}^{IV} M_i = 3000 + 3000 + 2350 + 1500 = 9850 \text{ (мест).}$$

При этом число мест, предоставляемых в сутки, при расчётных размерах движения назначенных пассажирских и скорых поездов, курсирующих в сообщениях А-В, А-Г и А-Д, были определены следующим образом:

Вариант 1:

$$M_{A-B} = 1 \times 650 = 650 \text{ (мест);}$$

$$M_{A-G} = 1,5 \times 650 = 975 \text{ (мест);}$$

$$M_{A-D} = 1 \times 850 + 1 \times 650 = 1500 \text{ (мест).}$$

Вариант 2:

$$M_{A-B} = 1 \times 650 = 650 \text{ (мест);}$$

$$M_{A-\Gamma} = 1 \times 850 = 850 \text{ (мест);}$$

$$M_{A-Д} = 1 \times 850 + 1 \times 650 = 1500 \text{ (мест).}$$

Число мест, предоставляемых в сутки, при расчётных размерах движения по участкам на направлении А-Д на рис. 2.2 указано в скобках под каждым вариантом плана формирования.

Из сопоставления вариантов следует, что второй из них обеспечивает лучшее использование предложенных мест (по участкам А-Б, Б-В и В-Г).

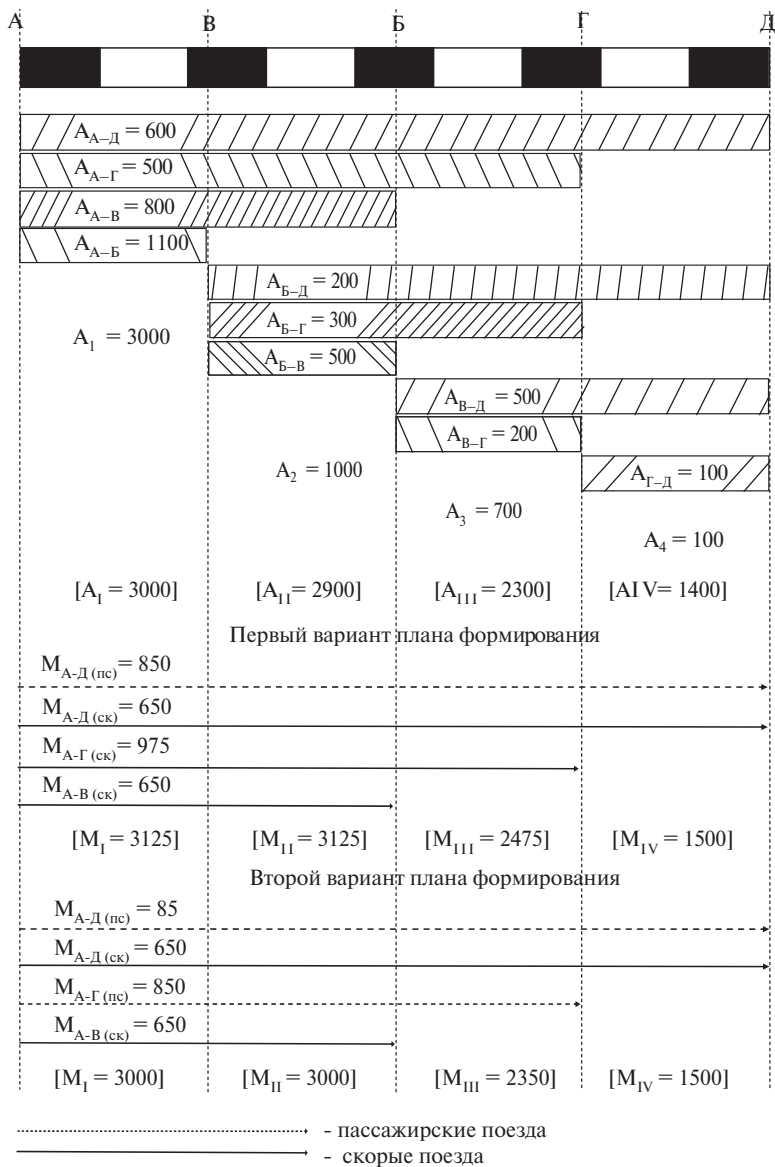


Рис. 2.2. Диаграмма пассажиропотоков и вариантов плана формирования скорых и пассажирских поездов (построена по исходным данным показательного решения задачи)

Учебное издание

Гершвальд Андрей Самуилович,
Еловигов Антон Викторович

**ТЕОРИЯ ТРАНСПОРТНЫХ
ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ**

Редактор *Д.Н. Тихонычев*
Компьютерная верстка *Г.Д. Волкова, О.А. Денисова*
Дизайн обложки *А.Ю. Байкова*

Подписано в печать 23.11.2012. Изд. зак. 15.

Формат 60×90¹/₁₆. Усл. печ. л. 4,0.

Ризография. Тираж 500 экз. Тип. зак.

Информационно-издательский отдел
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2