

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

Кафедра «Транспортные узлы»

**ПРОПУСКНАЯ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ
СПОСОБНОСТЬ
СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Гомель 2013

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

Кафедра «Транспортные узлы»

ПРОПУСКНАЯ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*Рекомендовано к изданию
методическими комиссиями механического факультета
и факультета «Управление процессами перевозок»
в качестве учебно-методического пособия
для студентов специальностей 1-44 01 03 «Организация перевозок
и управление на железнодорожном транспорте»
и 1-37 02 01 «Тяговый состав железнодорожного транспорта
(электрический транспорт и метрополитен)»*

Гомель 2013

УДК 656.212.5 (075.8)
ББК 39.213
П81

*А в т о р ы : В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев, Е. А. Филатов, В. С. Могила,
К. Р. Байков*

Р е ц е н з е н т ы: заведующий кафедрой «Станции и узлы» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна д-р техн. наук, профессор *В. И. Бобровский*;
заместитель начальника отдела технического обеспечения перевозочного процесса и организации работы станций Управления Белорусской железной дороги канд. техн. наук, доцент *Т. В. Пильгун*

**Пропускная и перерабатывающая способность сооружений и П81 устройств железнодорожного транспорта : учеб.-метод. пособие / В. Я. Негрей [и др.] ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 183 с.
ISBN 978-985-554-053-4**

Приведены методические рекомендации и примеры расчетов пропускной и перерабатывающей способности элементов железнодорожного транспорта: перегонов, станционных горловин, парков путей, сортировочных устройств, грузового и пассажирского комплексов, устройств локомотивного и вагонного хозяйств и систем тягового электроснабжения.

Предназначено для студентов и магистрантов специальностей «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» и «Тяговый состав железнодорожного транспорта (электрический транспорт и метрополитен)», инженерно-технических работников железнодорожного транспорта, а также может быть полезным для учащихся средних специальных учебных заведений железнодорожного транспорта.

**УДК 656. 212.5 (075.8)
ББК 39.213**

ISBN 978-985-554-053-4

© Оформление. УО «БелГУТ», 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с нормативными документами проекты новых и реконструируемых железнодорожных линий, станций и узлов, устройств тягового обслуживания перевозочного процесса и других элементов железнодорожного транспорта должны разрабатываться комплексно и обеспечивать выполнение заданных размеров грузового и пассажирского движения. Необходимость мероприятий по освоению заданных объемов перевозок реконструируемыми сооружениями и устройствами железнодорожного транспорта определяется сопоставлением их наличной и потребной пропускной и перерабатывающей способностей.

Предлагаемое учебно-методическое пособие – одно из немногих на прострaнстве СНГ, посвященное оценке пропускной и перерабатывающей способностей железнодорожных сооружений и устройств.

В плане учебного процесса пособие охватывает элементы железнодорожных сооружений и устройств, излагаемых в разных дисциплинах и для разных специальностей. Например: «Железнодорожные станции и узлы», «Управление эксплуатационной работой», «Управление грузовой и коммерческой работой», изучаемых студентами специальности 1-44 01 03 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте», и «Электровозы и локомотивное хозяйство», «Основы электроснабжения электрического подвижного состава», изучаемых студентами специальности 1-37 02 01 «Тяговый состав железнодорожного транспорта (электрический транспорт и метрополитен)». Кроме этого по основным разделам пособия теоретические положения методик расчета пропускной и перерабатывающей способностей подкреплены наиболее характерными примерами расчетов, которые позволяют пользователю адаптироваться для практического применения изложенных в пособии методик расчетов пропускной и перерабатывающей способностей железнодорожных сооружений и устройств.

В пособии сконцентрирован и систематизирован материал, представляющий интерес не только для студентов и магистрантов, изучающих вышеприведенные дисциплины по соответствующим специальностям, но и для инженерно-технических работников железнодорожного транспорта, включая проектные организации.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для железнодорожных участков и станций определяют требуемую, наличную и результативную пропускные способности.

Требуемая пропускная способность – число транспортных единиц, которое должен пропустить участок или обслужить станция либо ее элемент за расчетный период, чтобы обеспечить выполнение заданного размера перевозок. Требуемая пропускная способность устанавливается исходя из прогнозируемых размеров грузового и пассажирского движения в месяц максимальных перевозок, определяемых на основе экономических изысканий:

$$N_{\text{п}} = N_{\text{гр}} + N_{\text{у}} + N_{\text{сб}} + N_{\text{пас}} + N_{\text{приг}}, \quad (1.1)$$

где $N_{\text{гр}}, N_{\text{у}}, N_{\text{сб}}$ – прогнозируемое число соответственно грузовых, скоренных и сборных поездов;

$N_{\text{пас}}, N_{\text{приг}}$ – прогнозируемое число пассажирских и пригородных поездов.

При реконструкции или строительстве участков и станций используется понятие “**наличная ($N_{\text{н}}$) пропускная способность**”. Это наиболее вероятное число транспортных единиц, которое может пропустить участок или обслужить станция либо ее элемент за расчетный период при достигнутом уровне технического оснащения и технологии работы.

Для эффективной работы этих устройств при проектировании необходимо обеспечить соответствие между требуемой и наличной пропускными способностями на всем периоде работы, т.е. $N_{\text{п}} \geq N_{\text{н}}$.

Результативная пропускная способность определяется минимальным значением наличной пропускной способности i -го элемента ($N_{\text{н}}^i$) по направлениям движения (четное и нечетное), категориям поездов, а также в целом для участка или станции:

$$N_{\text{р}} = \min(N_{\text{н}}^1, N_{\text{н}}^2, N_{\text{н}}^3, \dots, N_{\text{н}}^i, \dots, N_{\text{н}}^m), \quad (1.2)$$

Дальнейшее развитие пропускной способности должно производиться комплексно, чтобы не допустить диспропорций. При этом максимальная результирующая пропускная способность устанавливается зависимостью

$$\max H_p \leq \min(\max \sum_{s=1}^p H_s^n, \sum_{i=1}^{\Phi} H_s^0), \quad (1.3)$$

где $\max N_s$ – максимальное число поездов, подводимых к станции с s -го подхода;

$\max N_i^0$ – максимальное число поездов, которое может быть отправлено по условию пропускной способности на i -й участок.

Результирующая пропускная способность участков устанавливается по следующим элементам: по лимитирующим перегонам на участке; приемо-отправочным путям, стрелочным горловинам и другим элементам станций; устройствам локомотивного хозяйства; системам тягового электроснабжения электрифицированных линий.

При установлении результирующей пропускной способности сортировочных станций должна учитываться перерабатывающая способность сортировочных устройств. Если условие (1.3) нарушается, то пропускная способность станции не может быть реализована без усиления мощности входных или выходных каналов.

Мощность сортировочных станций характеризуется наличной перерабатывающей способностью. Под этим понимается наибольшее число вагонов (составов), перерабатываемых на сортировочном устройстве за расчетный период (чаще всего сутки) при принятой технологии и полном использовании технического оснащения.

Для расчета пропускной и перерабатывающей способности используются данные, соответствующие условиям работы участков и станции за рассматриваемый расчетный период:

- схема и техническо-распорядительный акт станции;
- технологический процесс работы станции и нормы времени на выполнение технологических операций;
- техническое оснащение станции и прилегающих участков;
- размеры движения поездов различных категорий на прилегающих участках.

Нормы времени на выполнение технологических операций устанавливаются в соответствии с Инструкцией по определению станционных и межпоездных интервалов, Типовыми нормами времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте, а для существующих станций проверяются путем хронометражных наблюдений.

Все выполняемые на станции операции подразделяются на две категории:

1) зависящие от изменения объема основной работы рассматриваемого устройства;

2) не зависящие от основного объема работы (операции связанные с пропуском пассажирских и сборных поездов, обслуживанием локомотивного хозяйства, вагонного депо и др.). На специальных пассажирских станциях к такому роду операций относят операции, связанные с грузовым движением.

Следует иметь в виду, что любая из операций может фигурировать в расчетах пропускной способности того или иного устройства только в одной категории передвижений, т.е. зависящей или не зависящей от объемов основной работы.

2 ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ УЧАСТКОВ

2.1 Основные понятия и определения

Наличной пропускной способностью железнодорожного участка называется максимальное число грузовых поездов (пар поездов) установленных массы и длины, которое может быть пропущено по участку в единицу времени (сутки, час) в зависимости от его технического оснащения и принятого способа организации движения поездов.

Наличная пропускная способность участков, специализированных в основном для пассажирского (пригородного) движения, измеряется максимальным числом пассажирских (пригородных) поездов, которое может быть пропущено по участку в период их интенсивного движения. Определяется она для однопутных, двухпутных и многопутных участков.

За расчетный принимается участок железнодорожной линии, ограниченный техническими станциями (сортировочными, участковыми или грузовыми, выполняющими функции участковых).

При наличии в пределах участка станций, к которым примыкают другие линии (участки), расчет пропускной способности выполняется отдельно для соответствующих частей расчетного участка (до и после станций примыкания).

Наличная пропускная способность рассчитывается при параллельном графике движения грузовых поездов для каждого перегона.

Наличная пропускная способность однопутного перегона в парах поездов определяется делением бюджета времени, отведенного для движения поездов в течение суток, с учетом надежности работы технических средств за вычетом продолжительности технологического “окна”, на период графика.

Периодом графика однопутного перегона называется максимальное время его занятия группой поездов, характерной для рассматриваемого типа графика и схемы прокладки поездов на нем.

Результативная пропускная способность участка устанавливается по перегону, имеющему наибольшее значение периода графика, называемому **о г р а н и ч и в а ю щ и м**.

Период графика ограничивающего перегона определяется путем рассмотрения различных схем прокладки на нем поездов (для параллельного парного однопутного графика – рисунок 2.1). Та схема прокладки поездов,

числовое значение периода графика которого будет наименьшее, принимается за расчетную.

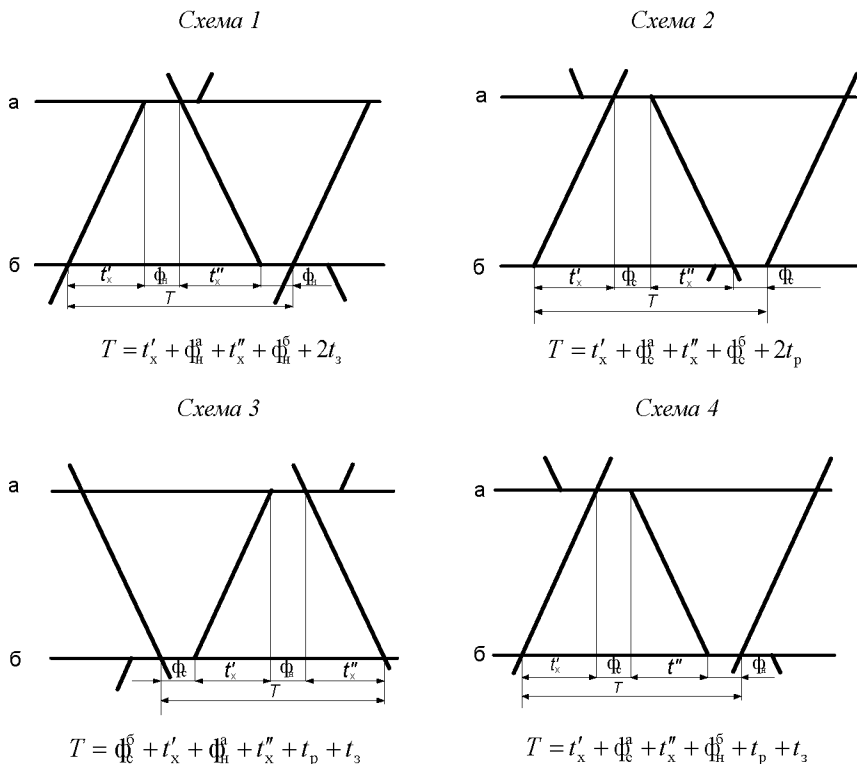


Рисунок 2.1

В случае, если на участке имеются несколько перегонов, близких по временным параметрам (незначительно меньшие времена хода, но большие значения станционных интервалов), то ограничивающий перегон устанавливается путем построения фрагмента графика движения поездов на участке и расчета периода графика для каждого перегона. При этом для перегона с наибольшей суммой времени хода четных и нечетных поездов прокладка поездов сохраняется по выбранной ранее схеме, а перегон, имеющий наибольший период графика, принимается за ограничивающий перегон.

На *двухпутных участках, оборудованных автоблокировкой*, периодом графика является расчетный интервал между поездами в пакете, а не оборудованных автоблокировкой – сумма времени хода поезда по перегону и станционного интервала попутного следования. Период графика определяется отдельно для каждого главного пути.

Пакетом поездов называется два и более, следующих друг за другом, поездов, разграниченных проходными светофорами, включая входные и выходные сигналы станций. Число поездов в пакете может быть принято допустимо возможным в зависимости от имеющегося количества приемо-отправочных путей на отдельных пунктах участка, на которых предусмотрен обгон пакета поездов поездом, следующим с большей скоростью.

Под *технологическим “окном”* понимается период времени, предусмотренный в графике движения поездов для выполнения работ по текущему содержанию пути, искусственных сооружений, устройств СЦБ, связи и электроснабжения. Продолжительность технологического “окна” согласно [20] должна составлять 1,5–2,0 ч.

Надежность работы технических средств, учитывающая наличие отказов в работе пути, устройств СЦБ и связи, контактной сети, вагонов, локомотивов и других устройств, устанавливается нормативным коэффициентом надежности, который при расчете наличной пропускной способности участков принимается по таблице 2.1.

Т а б л и ц а 2.1

Период, мин	Значения b_n для однопутного участка	Расчетный интервал, мин	Значения b_n для однопутно-двухпутного и двухпутного участка
30	0,94	6	0,90/0,91
40	0,95	8	0,92/0,93
50	0,96	10	0,93/0,94
<i>Примечание</i> – В числителе – при тепловозной, в знаменателе – при электрической тяге.			

На *двухпутных участках, не оборудованных автоблокировкой*, значение коэффициента надежности принимается таким же, как и на двухпутных участках, оборудованных автоблокировкой, при расчетном интервале движения поездов 10 мин.

Исходными данными для расчета пропускной способности перегонов являются:

- путевое развитие отдельных пунктов;
- принятый тип графика движения;
- времена хода поездов по перегонам;
- станционные и межпоездные интервалы;
- особые условия организации движения поездов (подталкивание и двойная тяга поездов, обслуживание примыканий на перегоне, порядок следования по сплетениям путей, перегонам с однопутными мостами на двухпутных линиях и др.).

Время хода поезда по перегонам определяется тяговыми расчетами и проверяется опытными поездками.

Порядок определения станционных и межпоездных интервалов устанавливается Инструкцией по определению станционных и межпоездных интервалов [24].

При расчете пропускной способности участка на перспективу расчетные параметры рекомендуется принимать по таблице 2.2.

Т а б л и ц а 2.2

Участок	$t_{\text{тех}}$	I_p	δ_n	δ_n^*
Однопутный	60	8	0,96	0,5
Двух- и однопутный со вставками	120	8	0,93	1,0
Трехпутный	150	8	0,93	1,0 (для 3-го пути 0,5)

δ_n^* – коэффициент пакетности графика движения поездов (отношение числа грузовых поездов, проложенных по участку в пакетах, к общему числу грузовых поездов).

В случаях организации на участках (перегонах) подталкивания, двойной тяги, обращения соединенных поездов наличная пропускная способность определяется в зависимости от технического оснащения отдельных пунктов, обеспечивающих такую организацию работы, и принятого способа движения поездов.

2.2 Пропускная способность однопутных перегонов при параллельном графике движения поездов

Пропускная способность однопутных перегонов при парном непакетном графике (рисунок 2.2) определяется в парах поездов по формуле

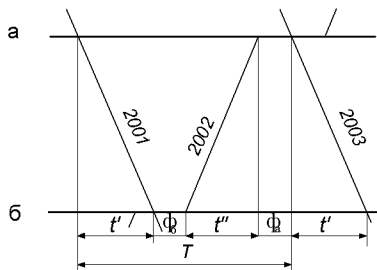


Рисунок 2.2

$$N_n = \frac{(1440 - t_{\text{тех}})}{T} \delta_n, \quad (2.1)$$

где $t_{\text{тех}}$ – продолжительность технологического «окна», мин;

δ_n – коэффициент надежности работы технических средств;

T – период графика движения поездов, мин,

$$T = t' + t'' + \phi_a + \phi_b, \quad (2.2)$$

t', t'' – время хода поездов по перегону соответственно в нечетном и четном направлениях с учетом разгонов и замедлений, мин,

$$t'' = t''_x + \phi''_x + \phi''_y,$$

- t_x'' – время хода по перегону поезда четного направления, установленное графиком движения поездов;
- ϕ_p'', ϕ_3'' – соответственно время, затрачиваемое на разгон и замедление хода поезда при остановках, мин;
- ϕ_a, ϕ_b – станционные интервалы по станциям а и б, мин.

Пример 2.1. Определить наличную пропускную способность однопутного участка а – б с тепловозной тягой при параллельном парном непакетном графике движения поездов. Станции участка оборудованы электрической централизацией стрелок и сигналов. Время хода поездов, время, требуемое на их разгон и замедление, схемы периода графика по отдельным перегонам приведены на рисунке 2.3. Станционные интервалы неодновременного прибытия и скрещения для всех станций участка приняты одинаковыми и соответственно равными $\tau_n = 2$ мин и $\tau_c = 1$ мин. По участку следуют 5 пар пассажирских поездов.

Р е ш е н и е. При параллельном графике пропускная способность рассчитывается для каждого перегона. Перегон с минимальной наличной пропускной способностью (ограничивающий) определяет результирующую пропускную способность участка в целом. Наличная пропускная способность однопутного перегона в парах поездов определяется по формуле (2.1).

Продолжительность технологического «окна» $t_{\text{тех}}$ на однопутном участке, предусматриваемого в графике движения для выполнения работ по текущему содержанию и ремонту пути, устройств и сооружений, принимается согласно СТП 09150.15.075-2008 [20] равным 90 мин.

Коэффициент, учитывающий влияние отказов в работе технических средств (локомотивов, вагонов, пути, устройств СЦБ и связи, контактной сети и др.) на наличную пропускную способность однопутных перегонов α_n , принимается по таблице 2.1 и составляет 0,96.

Период парного непакетного однопутного графика зависит от порядка следования поездов через отдельные пункты, ограничивающие перегон, и рассчитывается в каждом конкретном случае. Например, для перегона А – а период графика движения поездов

$$T = t_x'' + \phi_p'' + t_x' + \phi_3' + \phi_a + 2\phi_b, \quad T = 18 + 2 + 1 + 19 + 2 + 1 + 1 = 44 \text{ мин.}$$

Аналогично рассчитываются значения T для остальных перегонов участка А – Б. Их сравнение ($T = 44, 51, 57, 53, 38, 46, 49, 60, 51$) показывает, что ограничивающим является перегон ж – з ($T = 60$ мин). Для этого перегона, кроме рассмотренной схемы прокладки поездов, были проанализированы другие схемы (рисунок 2.4):

Очевидно, что наличная пропускная способность участка А – Б

$$N = \frac{(1440 - 90) \cdot 0,96}{60} = 21 \text{ пара поездов.}$$

На однопутных участках, имеющих устойчивую непарность движения, при которой число грузовых поездов одного направления составляет менее 90 % числа поездов в другом направлении, пропускная способность перегонов определяется при непарном непакетном графике (рисунок 2.5) для каждого направления.

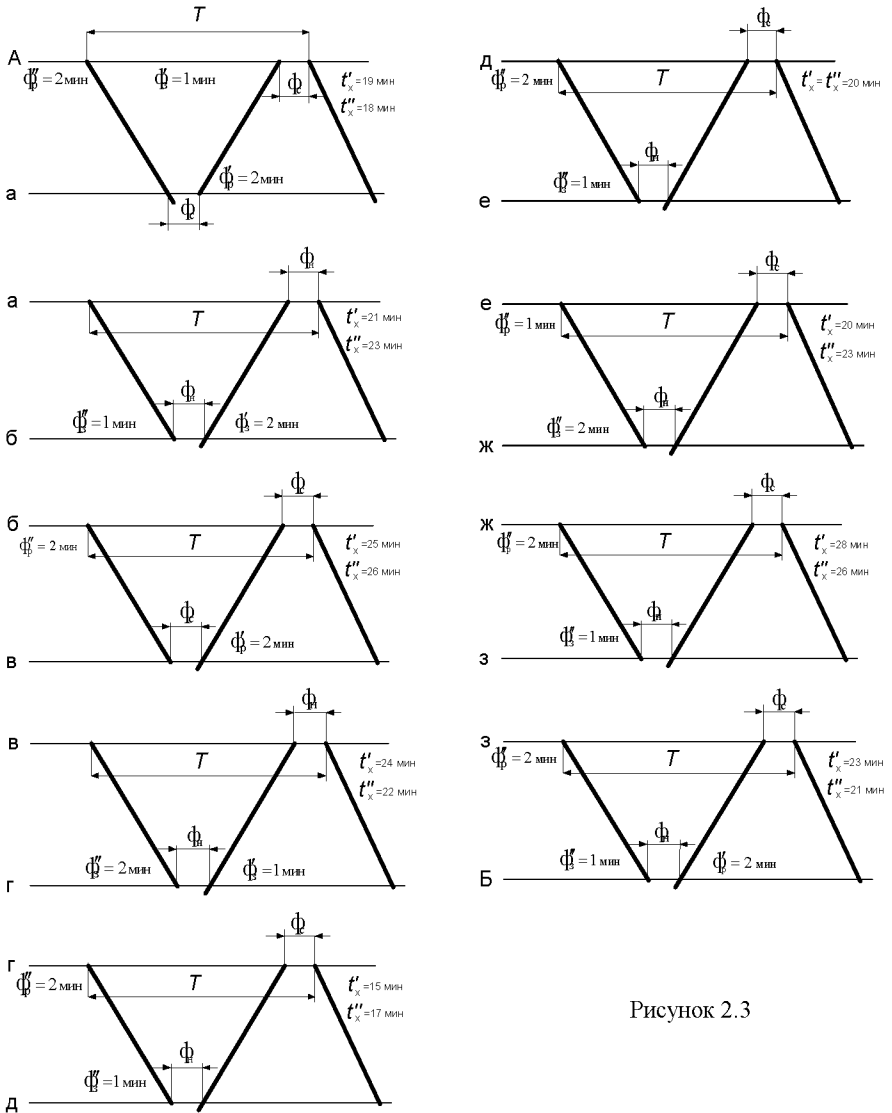


Рисунок 2.3

Для грузового направления (с бoльшими размерами движения)

$$N_{\text{н}}^{\text{ГР}} = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \bar{b}_{\text{н}}}{t'' + (t' + \Phi_{\text{а}} + \Phi_{\text{б}}) v_{\text{н}} + (1 - v_{\text{н}}) \Phi_{\text{пс}}}, \quad (2.3)$$

где $\Phi_{\text{пс}}$ – интервал попутного следования поездов, мин.

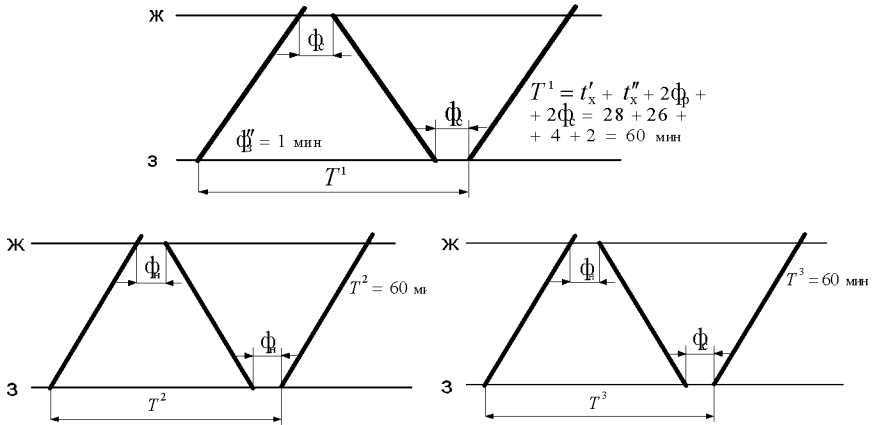


Рисунок 2.4

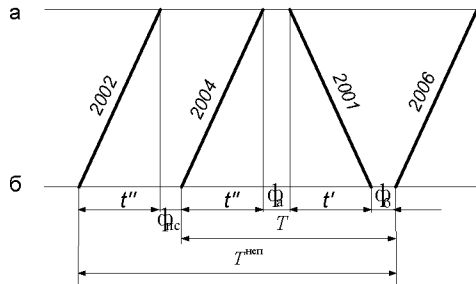


Рисунок 2.5

Для негрузового направления (с меньшими размерами движения)

$$N_{\text{н}}^{\text{нгр}} = B_{\text{н}} N_{\text{н}}^{\text{гр}}, \quad (2.4)$$

где $B_{\text{н}}$ – коэффициент непарности размеров движения за период графика,

$$B_{\text{н}} = \frac{N_{\text{нгр}}}{N_{\text{гр}}}; \quad (2.5)$$

$N_{\text{нгр}}$, $N_{\text{гр}}$ – число грузовых поездов за период графика, проложенных соответственно в негрузовом и грузовом направлениях.

Суммарная пропускная способность перегона в обоих направлениях (поездов)

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{н}}^{\text{гр}} + N_{\text{н}}^{\text{нгр}} \text{ или } N_{\text{общ}} = N_{\text{н}}^{\text{гр}} (1 + B_{\text{н}}). \quad (2.6)$$

Пропускная способность однопутных перегонов при парном частично-пакетном графике:

- при числе поездов в пакете K

$$N_{\text{шт}} = \frac{K(1440 - t_{\text{тех}})\delta_{\text{п}}}{[K - \delta_{\text{п}}(K - 1)](t'' + t' + \phi_{\text{а}} + \phi_{\text{б}}) + (K - 1)(I' + I'')\delta_{\text{п}}}, \quad (2.7)$$

где $\delta_{\text{п}}$ – коэффициент пакетности движения грузовых поездов за период графика,

$$\delta_{\text{п}} = \frac{N_{\text{п}}}{N}, \quad (2.8)$$

$N_{\text{п}}$ – число грузовых поездов, проложенных пакетами;

N – суммарное число грузовых поездов, проложенных за период графика;

I', I'' – интервал между поездами в пакете в нечетном и четном направлениях, мин;

В частном случае при двух грузовых поездах в пакете (рисунок 2.6)

$$N_{\text{шт}} = \frac{2(1440 - t_{\text{тех}})\delta_{\text{п}}}{(2 - \delta_{\text{п}})(t'' + t' + \phi_{\text{а}} + \phi_{\text{б}}) + (I' + I'')\delta_{\text{п}}}. \quad (2.9)$$

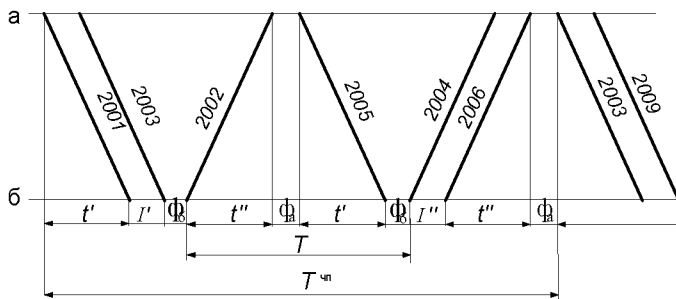


Рисунок 2.6

Пропускная способность при непарном частично-пакетном графике
(рисунок 2.7) определяется для каждого направления:

- в грузовом направлении (при двух поездах в пакете)

$$N_{\text{шт}}^{\text{ГП}} = \frac{2(1440 - t_{\text{тех}})\delta_{\text{п}}}{(2 - \delta_{\text{п}})T_{\text{пер}} + \delta_{\text{п}}(I' + I'') - (1 - \delta_{\text{п}})2I'}, \quad (2.10)$$

где $\delta_{\text{п}}'$ – коэффициент пакетности движения грузовых поездов за период графика в грузовом направлении;

В грузовом направлении при K поездов в пакете

$$N_{\text{нчп}}^{\text{ГР}} = \frac{K(1440 - t_{\text{тех}})\bar{\delta}_{\text{н}}}{[K - \bar{\delta}_{\text{н}}(K - 1)]T_{\text{пер}} + (K - 1)\bar{\delta}_{\text{н}}(I' + I'') - (1 - v_{\text{н}})KI'}. \quad (2.11)$$

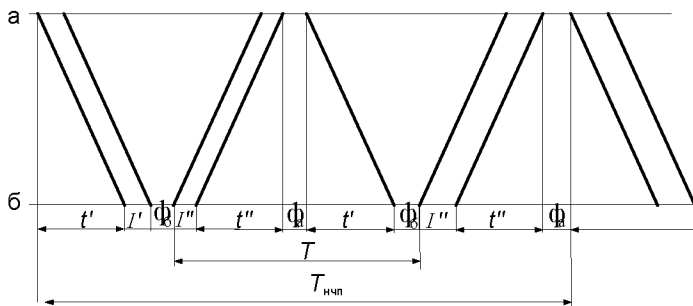


Рисунок 2.7

Для негрузового направления

$$N_{\text{нчп}}^{\text{НГР}} = v_{\text{н}} N_{\text{нчп}}^{\text{ГР}}. \quad (2.12)$$

При расчетах пропускной способности каждого перегона коэффициент пакетности принимается в зависимости от путевого развития отдельных пунктов и может достигать размеров, приведенных в таблице 2.3.

Т а б л и ц а 2.3

Путевое развитие отдельных пунктов, ограничивающих перегон (включая главный путь)	Значение $\bar{\delta}_{\text{н}}$ для графиков						
	парного	непарного в грузовом движении при $v_{\text{н}}$					
		0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	
На обоих отдельных пунктах по четыре приемо-отправочных пути	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
На обоих отдельных пунктах по три или на одном три, а на другом – четыре приемо-отправочных пути	0,7	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	
На одном отдельном пункте три, а на другом – два приемо-отправочных пути	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	
На обоих отдельных пунктах по два приемо-отправочных пути при условии, что на смежных с ними пунктах:	0,4	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	
							- по три пути
							- на одном – три, на другом – два пути
- на обоих – по два пути	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	

Примечание – Целесообразно коэффициент пакетности принимать не выше 0,7.

Пример 2.2. Определить наличную пропускную способность однопутного участка Н – В с тепловозной тягой, оборудованного автоблокировкой, при параллельном непарном частично-пакетном графике движения поездов. Коэффициент непарности движения поездов обоих направлений (отношение числа грузовых поездов, следующих в негрузовом направлении, к числу поездов в грузовом направлении) $\beta_n = 0,8$. В пакете следуют два поезда. Интервал между поездами в пакете в обоих направлениях $I = I'' = 8$ мин. Ограничивающим является перегон ж – з, имеющий время хода поезда в нечетном направлении $t'_x = 18$ мин, в четном – $t''_x = 16$ мин. На станциях, ограничивающих перегон, $\tau_n = 2$ мин, $\tau_c = 1$ мин, $\tau_p = 2$ мин, $\tau_3 = 1$ мин. На станции ж три приемо-отправочных пути, а на станции з – четыре. На участке следует шесть пар пассажирских поездов. Преимущественным считается нечетное направление з – ж.

Р е ш е н и е. Наличная пропускная способность однопутного участка при параллельном непарном частично-пакетном графике определяется отдельно для грузового [см. формулу (2.10)] направления.

В примере коэффициент непарности движения поездов $\beta_n = 0,8$. Поэтому в грузовом направлении следует проложить 5 поездов, в обратном – 4. При таком соотношении потоков поездов возможны схемы организации движения, приведенные на рисунке 2.8.

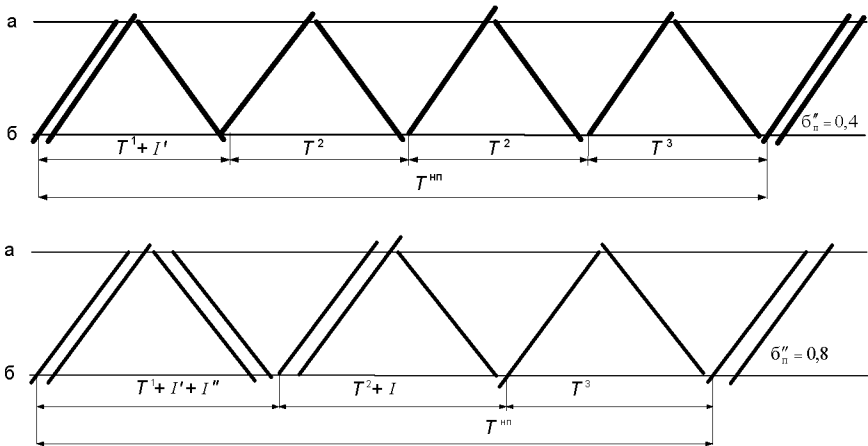


Рисунок 2.8

По первой схеме в грузовом направлении пропускают один пакет из двух поездов, в обратном – поезда следуют разрозненно (рисунок 2.8, а). В этом случае период непарного частично-пакетного графика

$$T_{\text{пер}} = T^1 + 2T^2 + T^3 + I',$$

где T^1, T^2, T^3 – периоды парного непакетного графика.

В соответствии со схемой организации движения

$$T^1 = t'_x + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{п}} + t''_x + \phi_{\text{л}} = 18 + 1 + 2 + 16 + 1 = 38 \text{ мин};$$

$$T^2 = t'_x + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{п}} + t''_x + \phi_{\text{л}} = 18 + 2 + 1 + 2 + 16 + 1 = 40 \text{ мин};$$

$$T^3 = t'_x + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{п}} + t''_x + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{н}} = 18 + 2 + 1 + 2 + 16 + 1 + 2 = 42 \text{ мин}.$$

Так как среднее значение периода парного непакетного графика

$$T_{\text{пер}} = (T^1 + 2T^2 + T^3) / 4 = (38 + 2 \cdot 40 + 42) / 4 = 40 \text{ мин},$$

т. е. более 31 мин, значение $a_{\text{н}}$ (см. таблицу 2.1) для заданных условий принимается равным 0,95.

Коэффициент $\beta''_{\text{п}}$ для рассматриваемой схемы равен $2 / 5 = 0,4$.

Тогда

$$N_{\text{нчп}}^{\text{гр}} = \frac{2(1440 - 90) \cdot 0,95}{(2 - 0,4) \cdot 40 + 0,4(8 + 8) - (1 - 0,8) \cdot 2 \cdot 8} = 38,2 \text{ поезда},$$

а $N_{\text{нчп}}^{\text{нгр}} = 0,8 \cdot 38,2 = 30,6$ поезда.

По второй схеме (рисунок 2.8, б) в грузовом направлении следует два пакета из двух поездов, в обратном – один, остальные проложены разрозненно.

Тогда

$$T_{\text{пер}} = T^1 + T^2 + T^3 + 2I',$$

где

$$T^1 = t'_x + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{п}} + t''_x + \phi_{\text{л}} = 18 + 1 + 2 + 16 + 1 = 38 \text{ мин},$$

$$T^2 = t'_x + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{п}} + t''_x + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{н}} = 18 + 2 + 1 + 2 + 16 + 1 + 2 = 42 \text{ мин},$$

$$T^3 = t'_x + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{п}} + t''_x + \phi_{\text{л}} + \phi_{\text{н}} = 18 + 1 + 2 + 16 + 1 + 2 = 40 \text{ мин},$$

$$T_{\text{пер}} = \frac{38 + 42 + 40}{3} = 40 \text{ мин}.$$

По таблице 2.1 $a_{\text{н}} = 0,95$. Коэффициент пакетности в грузовом направлении $\alpha''_{\text{п}} = 4 / 5 = 0,8$.

Наличная пропускная способность участка соответственно составит:

- в грузовом направлении

$$N_{\text{нчп}}^{\text{гр}} = \frac{2(1440 - 90) \cdot 0,95}{(2 - 0,8) \cdot 40 + 0,8(8 + 8) - (1 - 0,8) \cdot 2 \cdot 8} = 44,5 \text{ поезда};$$

- в обратном – $N_{\text{нчп}}^{\text{нгр}} = 0,8 \cdot 44,5 = 35,6$ поезда.

Очевидно, что вторая схема организации движения поездов на участке Н – В обеспечивает более высокую пропускную способность.

На однопутных линиях с полуавтоматической блокировкой или электрожезловой системой при наличии на перегоне путевых постов (рисунок 2.9) пропускная способность перегона при парном графике определяется в парах поездов по формуле (2.7), а при непарном – по формуле (2.10), при этом

$$I' = t'_1 + \phi_{\text{пс}} \text{ и } I'' = t''_1 + \phi_{\text{пс}},$$

где t'_1, t''_1 – наибольшее время хода поезда между станцией и постом (с учетом времени на разгон и замедление) соответственно в четном и нечетном направлениях, мин.

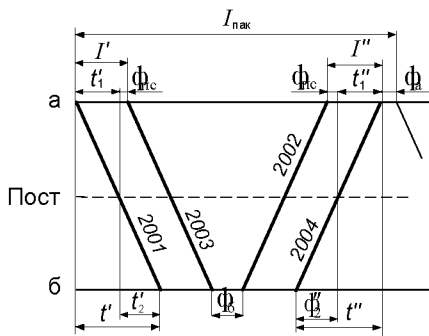


Рисунок 2.9

Пропускная способность перегонов на однопутных участках, имеющих раздельные пункты продольного типа или двухпутные вставки, позволяющие производить безостановочные скрещения поездов, определяется следующим образом.

Для каждого раздельного пункта продольного типа или двухпутной вставки предварительно устанавливается положение расчетных осей (р.о.) и оси безостановочного скрещения (о.б.с.) поездов (рисунки 2.10–2.12).

Расчетная ось определяется положением середины поезда, прибывшего с однопутного перегона на раздельный пункт продольного типа или двухпутную вставку, непосредственно после освобождения им стрелочной горловины. Ось безостановочного скрещения располагается, как правило, посередине раздельного пункта продольного типа (двухпутной вставки) на расчетном удалении по времени хода пары поездов от его расчетных осей.

При организации безостановочного скрещения на одном из раздельных пунктов, ограничивающих перегон (см. рисунок 2.10) пропускная способность перегона в парах поездов

$$N_{\text{чбс}} = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \alpha_{\text{н}}}{T'_{\text{бс}}} \quad (2.13)$$

где $T'_{\text{бс}}$ – период графика движения поездов при их безостановочном скрещении на одном из раздельных пунктов, ограничивающих перегон, мин,

$$T'_{\text{бс}} = t'_x + t''_x + \phi_{\text{бс}}^a + \phi_{\text{бс}}^b;$$

$t'_{\text{х}}, t''_{\text{х}}$ – время хода нечетного и четного поездов на однопутной части перегона, мин;

$\Phi_{\text{бс}}^{\text{а}}$ – интервал безостановочного скрещения поездов по расчетной оси I, равный полусумме времени хода нечетного и четного поездов по раздельному пункту а продольного типа (двухпутной вставке), мин;

$\Phi_{\text{бс}}^{\text{б}}$ – интервал скрещения поездов на раздельном пункте б.

Если положение оси безостановочного скрещения можно изменять (как правило, на двухпутной вставке), его выбирают так, чтобы обеспечить наибольшую пропускную способность на всем участке. Например, если перегон а – б (см. рисунок 2.10) является ограничивающим, ось безостановочного скрещения смещают в направлении к станции б.

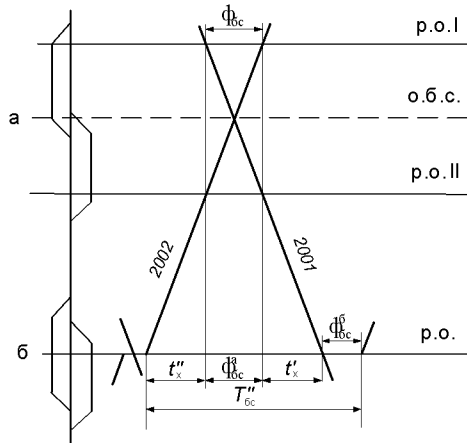


Рисунок 2.10

При организации безостановочного движения поездов на обоих раздельных пунктах, ограничивающих перегон, или на двухпутных вставках (рисунок 2.11)

$$N_{\text{бс}} = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \delta_{\text{н}}}{T''_{\text{бс}}}, \quad (2.14)$$

где $T''_{\text{бс}}$ – период графика движения поездов при их безостановочном скрещении на обоих раздельных пунктах, ограничивающих перегон, равный сумме времен хода этих поездов по однопутной части перегона и интервалов безостановочного скрещения по расчетным осям раздельных пунктов а – р.о. II ($\Phi_{\text{бс}}^{\text{а}}$) и б – р.о. I ($\Phi_{\text{бс}}^{\text{б}}$), мин,

$$T''_{\text{бс}} = t'_x + t''_x + \Phi_{\text{бс}}^{\text{а}} + \Phi_{\text{бс}}^{\text{б}}.$$

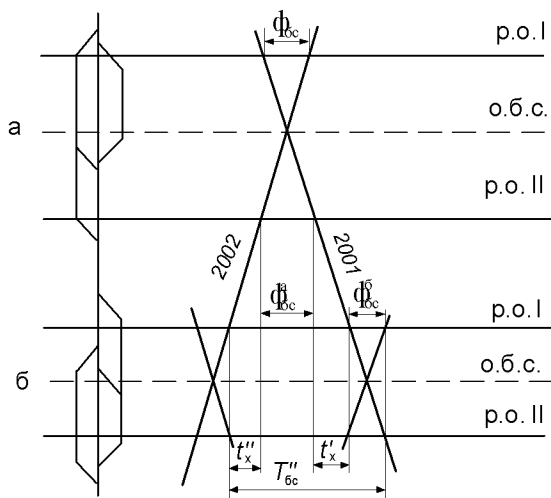


Рисунок 2.11

Во времена хода t' и t'' должны быть учтены потери времени из-за снижения скоростей движения поездов, если оно установлено при организации безостановочного скрещения.

При организации безостановочных скрещений на всем участке оси безостановочного скрещения поездов размещаются на вставках второго пути таким образом, чтобы обеспечивалась идентичность перегонов между ними. При этом пропускная способность перегонов будет равной.

При наличии на перегоне двухпутной вставки, позволяющей осуществлять безостановочное скрещение поездов (рисунок 2.12), пропускная способность перегона определяется по формуле (2.14), в знаменателе которой подставляется больший из периодов:

$$T_a = t'_a + t''_a + \Phi_{\text{бс}}^{\text{I}} + \Phi_a; \quad T_b = t'_b + t''_b + \Phi_{\text{бс}}^{\text{II}} + \Phi_b,$$

где $t'_a, t''_a, \Phi_{\text{бс}}^{\text{I}}$ – время хода соответственно нечетного и четного поездов между станцией а и двухпутной вставкой и интервал безостановочного скрещения по расчетной оси I, мин;

$t'_b, t''_b, \Phi_{\text{бс}}^{\text{II}}$ – время хода соответственно нечетного и четного поездов между станцией б и двухпутной вставкой и интервал безостановочного скрещения по расчетной оси II, мин.

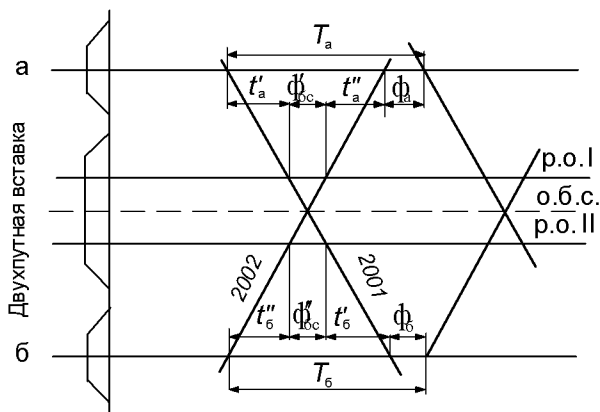


Рисунок 2.12

Пример 2.3. На ограничивающем перегоне между отдельными пунктами а – б однопутного участка с примыкающими к ним двухпутными вставками для увеличения пропускной способности используется безостановочное скрещение поездов. Безостановочное скрещение поездов осуществляется по схеме движения, приведенной на рисунке 2.13. Время хода поездов по однопутной части перегона в четном направлении $t''_x = 10$ мин, в нечетном – $t'_x = 9$ мин. Интервал безостановочного скрещения на отдельных пунктах а, б одинаков и составляет $\phi''_{bc} = 7$ мин. Требуется определить наличную пропускную способность перегона.

Решение. Пропускная способность перегона при организации безостановочного скрещения на обоих двухпутных вставках, ограничивающих однопутный перегон [см. формулу (2.14)]

$$N_{bc} = \frac{(1440 - t_{тех})\alpha_n}{T''_{bc}}$$

Значение периода графика для рассматриваемых условий определяется из выражения

$$T''_{bc} = t''_x + \tau_{bc}^a + t'_x + \tau_{bc}^б$$

Тогда

$$T''_{bc} = 10 + 7 + 9 + 7 = 33 \text{ мин.}$$

При $t_{тех} = 90$ мин и $\alpha_n = 0,92$ (см. таблицу 2.1)

$$N_{bc} = \frac{(1440 - 90) \cdot 0,92}{33} = 37,6 \approx 37 \text{ пар поездов.}$$

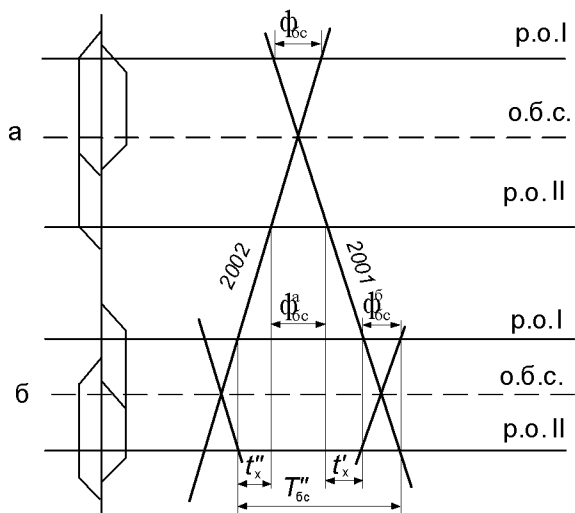


Рисунок 2.13

2.3 Пропускная способность двухпутных перегонов при параллельном графике движения поездов

Наличная пропускная способность двухпутных перегонов определяется при безостановочном следовании поездов через отдельные пункты по каждому пути:

- при автоматической блокировке (рисунок 2.14)

$$N_n = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \bar{b}_n}{I}, \quad (2.15)$$

где I – расчетный межпоездный интервал в пакете, мин;

- при полуавтоматической блокировке, телефонных средствах связи по движению поездов (рисунок 2.15)

$$N_n = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \bar{b}_n}{t_{\text{гр}} + \phi_{\text{ст}}}, \quad (2.16)$$

где $t_{\text{гр}}$ – время хода грузового поезда по ограничивающему перегону, мин;

$\phi_{\text{ст}}$ – стационарный интервал попутного следования поездов, мин;

$t_{\text{тех}}, \bar{b}_n$ – принимается в соответствии с рекомендациями подразд. 2.1.

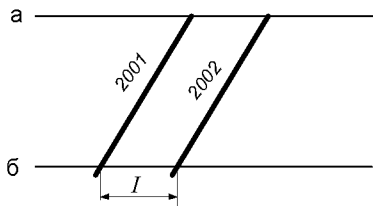


Рисунок 2.14

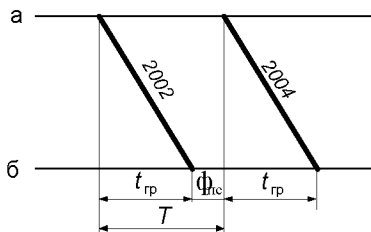


Рисунок 2.15

Пример 2.4. Определить наличную пропускную способность двухпутного электрифицированного участка Б – Г при безостановочном следовании поездов через раздельные пункты при автоматической блокировке. По участку проходит 15 пар пассажирских поездов. Средний межпоездной интервал в пакете в четном направлении $I_{ч} = 8$ мин, в нечетном – $I_{н} = 7$ мин.

Решение. Наличная пропускная способность двухпутных участков определяется для каждого пути [см. формулу (2.15)].

Продолжительность технологического «окна», предусматриваемого в графике движения для выполнения работ по текущему содержанию и ремонту пути, устройств и сооружений, по условиям организации и производства указанных работ принимается 120 мин [20].

Коэффициент, учитывающий влияние отказов в работе технических устройств на наличную пропускную способность двухпутных линий, для электрифицированных участков при заданных условиях, принимается (таблица 2.1) в четном направлении – $a_{ч} = 0,93$, в нечетном – $0,92$ (определено интерполяцией). Тогда

$$N_{ч} = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,93}{8} = 153 \text{ поезда}; \quad N_{н} = 173 \text{ поезда.}$$

2.4 Пропускная способность многопутных участков (перегонов)

Пропускная способность многопутных участков (перегонов) определяется числом главных путей и системой организации движения поездов на них. Возможны несколько вариантов схем движения поездов на трехпутных участках (перегонах) (рисунок 2.16):

а) использование третьего пути как однопутного участка (рисунок 2.16, а);

б) одностороннее движение поездов по третьему пути, когда при резко выраженном грузовом и порожнем направлениях два пути специализируются для пропуска поездов грузового направления, а по третьему – следуют поезда обратного (порожного) направления (рисунок 2.16, б);

в) организация частично-пакетного пропуска по третьему пути части поездов обоих направлений (рисунок 2.16, в);

г) организация пакетного попеременного движения поездов по третьему пути по сигналам автоблокировки (часть суток движение осуществляется в одном направлении, затем – в другом и т. д.) (рисунок 2.16, з).

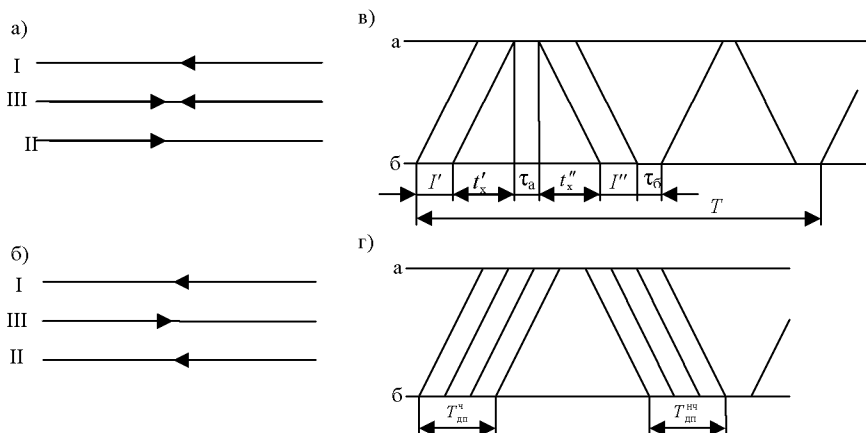


Рисунок 2.16

Наличная пропускная способность трехпутных участков (перегонов) в случае специализации двух путей для одностороннего и третьего пути для двустороннего движения поездов равна сумме наличной пропускной способности двухпутных и однопутных участков.

Пропускная способность двухпутных участков в зависимости от способа организации движения определяется по формулам (2.15) и (2.16).

Пропускная способность однопутного участка определяется:

- при парном непакетном графике – по формуле (2.1);
- при парном и непарном частично-пакетном графиках – соответственно по формулам (2.7), (2.9) и (2.10)–(2.12).

Наличная пропускная способность трехпутного участка при специализации всех путей для одностороннего движения определяется как сумма пропускной способности трех путей, рассчитываемых по формулам (2.15) и (2.16).

Продолжительность технологических «окон» ($t_{тех}$) для многопутных участков и коэффициент, учитывающий надежность технических устройств ($\alpha_{н}$), принимаются такими же, как и для двухпутных линий.

При достаточном числе путей на технических станциях по третьему пути может быть организовано пакетное попеременное движение поездов.

Период графика при организации на третьем главном пути пакетного попеременного движения грузовых поездов по сигналам автоблокировки с трехчасовым интервалом четных и нечетных поездов (рисунок 2.17).

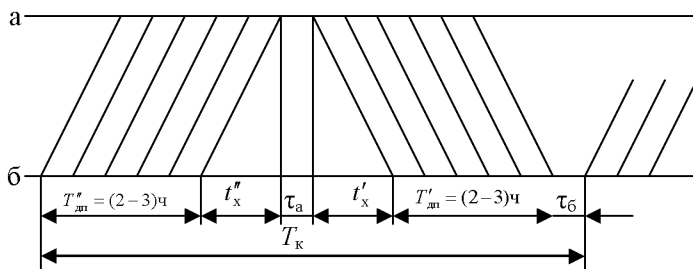


Рисунок 2.17

$$T_{\kappa} = T_{\text{дп}}'' + t_{\text{x}}'' + T_{\text{дп}}' + t_{\text{x}}' + \Phi_{\text{а}} + \Phi_{\text{б}}, \quad (2.17)$$

где $T_{\text{дп}}'', T_{\text{дп}}'$ – время, в течение которого отправляются поезда пакетами соответственно в четном и нечетном направлениях, мин;

$t_{\text{x}}'', t_{\text{x}}'$ – время хода грузовых поездов по участку в четном и нечетном направлениях, мин;

$\Phi_{\text{а}}, \Phi_{\text{б}}$ – станционные интервалы на отдельных пунктах смены направления движения пакетов, мин.

Наличная пропускная способность третьего пути в парах поездов в этом случае может быть определена по формуле

$$N_{\kappa} = 1440 \beta_{\text{н}} N / T_{\kappa}, \quad (2.18)$$

где N – число поездов в пакете одного направления.

Пример 2.5. Определить наличную пропускную способность трёхпутного перегона а – б. Участок оборудован односторонней автоблокировкой по I и II главному пути и двусторонней автоблокировкой по III главному пути. По технологии пропуска поездов III главный путь используется в основном для движения грузовых поездов, а I и II – пассажирских и грузовых поездов.

Решение. Расчёт пропускной способности производится отдельно для двухпутного (I и II главные пути) и однопутного (III главный путь) участков, пропускные способности которых и будут слагаемыми пропускной способности перегона а – б.

Наличная пропускная способность двухпутного перегона определяется по формуле (2.15). Коэффициент надёжности $\alpha_{\text{н}}$ равен 0,93 (таблица 2.1). Расчётный межпоездной интервал I принимается в соответствии с графиком движения поездов и равен 10 мин. Продолжительность технологического «окна» в соответствии с СТП 09150.15.075–2008 [20] принимается равной 120 мин. Тогда наличная пропускная способность

$$N = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,93}{10} = 122,76 \approx 122 \text{ пары поездов в сутки.}$$

На двухпутных участках с автоблокировкой и размерами движения пассажирских (пригородных) поездов не более 60 пар поездов, имеющих скорость движения до 140 км/ч, коэффициент съёма определяется по формуле (2.44). При этом время хода поездов по участку определяется как средневзвешенное по графику движения поездов:

$$e_{nc} = \frac{t_{np}(1-D)(0,8 - 0,005N_{np})}{I} + 1,3.$$

- в нечётном направлении –

$$e_{nc}^n = \frac{6\left(1 - \frac{5}{6}\right)(0,8 - 0,005 \cdot 31)}{10} + 1,3 = 1,365,$$

- в чётном –

$$e_{nc}^ч = \frac{9\left(1 - \frac{5}{9}\right)(0,8 - 0,005 \cdot 31)}{10} + 1,3 = 1,558.$$

Для пригородных поездов коэффициент съёма подсчитывается так же, как для пассажирских поездов, только величина Δ определяется в пределах участка следования пригородного поезда:

- в нечётном направлении –

$$e_{np}^n = \frac{6\left(1 - \frac{8}{6}\right)(0,8 - 0,005 \cdot 24)}{10} + 1,3 = 1,164,$$

- в чётном –

$$e_{np}^ч = \frac{9\left(1 - \frac{8}{9}\right)(0,8 - 0,005 \cdot 24)}{10} + 1,3 = 1,368.$$

Максимально возможное число грузовых поездов на двухпутном участке:

- в нечётном направлении –

$$N_{np}^n = 122 - 1,365 \cdot 31 - 1,164 \cdot 24 = 51,749 \approx 51 \text{ поезд в сутки},$$

- в чётном –

$$N_{np}^ч = 122 - 1,558 \cdot 31 - 1,368 \cdot 24 = 40,87 \approx 40 \text{ поездов в сутки}.$$

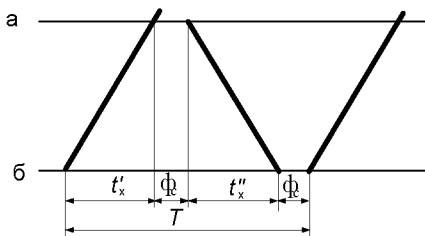


Рисунок 2.18

Пропускная способность однопутного перегона определяется по формуле (2.1). Коэффициент надёжности α_n равен 94 (см. таблицу 2.1). Продолжительность технологического «окна» в соответствии с СТП 09150.15.075-2008 [20] принимается равной 90 мин. Расчёт периода графика производится в соответствии с п. 2.1 по схеме прокладки поездов, приведенной на рисунке 2.18.

Как следует из приведённой схемы, период графика

$$T = t'_x + \varphi_c^a + t'_x + \varphi_c^b + 2t_p,$$

где φ_c^a, φ_c^b – интервалы скрещения по станциям **а** и **б** (равны 1 мин);

t'_x, t''_x – времена хода поездов в чётном и в нечётном направлениях составляют 9 и 6 мин соответственно;

t_p – время, требуемое на разгон (равно 2 мин).

Период графика составляет

$$T = 9 + 1 + 6 + 1 + 2 \cdot 2 = 21 \text{ мин.}$$

Пропускная способность однопутного участка

$$N = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,94}{21} = 59,086 \approx 59 \text{ пар поездов в сутки.}$$

Таким образом, максимально возможное число грузовых поездов на трёхпутном перегоне **а – б**:

- в нечётном направлении –

$$N_{гр}^н = 51 + 59 = 110 \text{ поездов в сутки;}$$

- в чётном –

$$N_{гр}^ч = 40 + 59 = 99 \text{ поездов в сутки.}$$

2.5 Пропускная способность участков (перегонов) при наличии разветвления линий, сплетения путей или однопутного мостового перехода на двухпутном перегоне

Пропускная способность перегонов, на которых от поста (П) без путевого развития имеется разветвление главных (чаще внутриузловых соединительных) путей на другие станции или в разные парки одной и той же станции (рисунок 2.19), определяется в зависимости от соотношения размеров движения поездов по направлениям на общем однопутном, где суммируются потоки поездов, и ответвленных однопутных участках пути, схем прокладки поездов и периодов графика. Если за период графика одного направления можно пропустить по общей однопутной части пару поездов другого направления (см. рисунок 2.19, *а*), то пропускная способность определяется по формуле (2.1) отдельно для каждой линии. В тех случаях, когда в период графика одного направления не может быть пропущена пара поездов другого, необходимо увеличение периода графика на общей части участка. В частном случае (см. рисунок 2.19, *б*) период на перегоне **б – а** увеличивается на величину Δt для пропуска поездов направления **а – в**.

При наличии двух постов разветвления (см. рисунок 2.19, в) наличная пропускная способность определяется отдельно для общей части и каждого ответвленного участка пути.

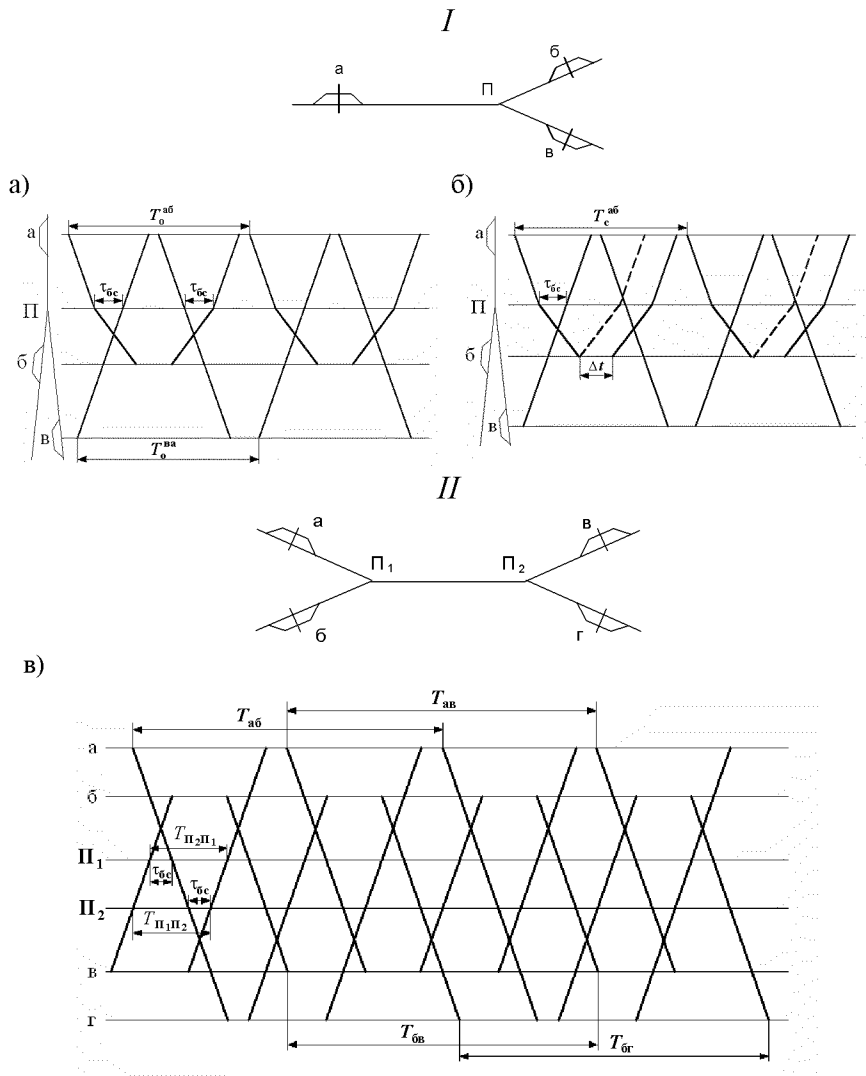


Рисунок 2.19

Пропускная способность при разветвлении линий от поста без путевого развития по общей части участка, пар поездов,

$$N_0 = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \bar{b}_n}{\frac{T_c}{m} (1 - \varphi_0) + T_0 \left(\varphi_0 - \frac{1 - \varphi_0}{m} \right)}, \quad (2.19)$$

где T_0 – период графика между станциями, ограничивающими рассматриваемый перегон по общей части участка при прокладке поездов одного ответвления, мин;

T_c – период графика при совмещенной прокладке ниток поездов обоих ответвлений, мин;

m – коэффициент совмещения, который равен числу поездов, прокладываемых на общей части участка одного ответвления за период графика совмещенной прокладки поездов обоих ответвлений;

φ_0 – потребная доля поездов основного направления в общих размерах движения,

$$\varphi_0 = \frac{N_0}{N_0 - N_B}; \quad (2.20)$$

N_B – пропускная способность на ответвленной части участка, пар поездов,

$$N_B = \frac{N_0 (1 - \varphi_0)}{\varphi_0}. \quad (2.21)$$

При автоматической блокировке порядок расчета пропускной способности перегонов с наличием разветвления от поста такой же, как и при полуавтоматической блокировке, но при этом период определяется с учетом числа поездов в пакете и числитель формулы (2.19) умножается на величину K .

Пропускная способность двухпутного перегона со сплетением путей или однопутным мостовым переходом (рисунок 2.20) определяется в зависимости от установленного порядка движения поездов.

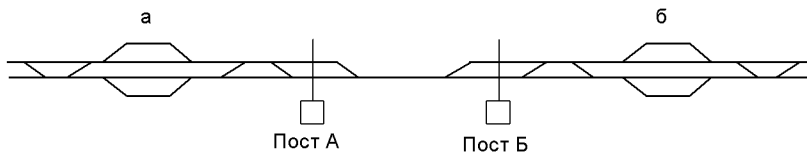


Рисунок 2.20

На перегонах, имеющих благоприятные условия профиля и плана двухпутных подходов к сплетению (однопутному мостовому переходу), когда исключается опасность проезда поездом закрытого сигнала (прикрытия) и обеспечивается трогание поезда с места в случае остановки перед ним, может применяться такая же схема движения, как и на однопутных участках

(рисунок 2.21, а). При этом наличная пропускная способность перегона с мостовым переходом или сплетением путей определяется по формуле (2.1). Значение технологического «окна» устанавливается так же, как и на двухпутных перегонах.

Если перегоны, на которых расположены мостовой переход или сплетение путей, имеют неблагоприятные профильные условия и не обеспечивается трогание поездов установленной массы с места в случае их остановки у закрытого сигнала (прикрытия), должна применяться схема движения с безостановочным следованием поездов (рисунок 2.21, б). Пропускная способность определяется по формуле (2.1) с подстановкой в нее интервалов безостановочного скрещения поездов.

В случае пропуска поездов с остановками по постам необходимо сопоставить значение станционных интервалов с учетом времени на разгон поездов с суммарным значением безостановочного скрещения поездов. Если при безостановочном пропуске поездов период графика на мостовом переходе или сплетении путей будет меньше, чем в случаях остановок поездов, расчет пропускной способности должен осуществляться при безостановочном движении поездов.

При автоблокировке и других средствах поездной связи (с постами) и применении пакетного движения поездов на перегоне со сплетением путей или однопутным мостовым переходом (рисунок 2.22, б), пропускная способность перегона определяется по формулам:

- в нечетном направлении а – б –

$$N'_{\text{см}} = \frac{K'(1440 - t_{\text{тех}})\delta_{\text{н}}}{t' + t'' + I'(K' - 1) + I''(K'' - 1)}; \quad (2.22)$$

- в четном направлении б – а –

$$N''_{\text{см}} = \frac{K''(1440 - t_{\text{тех}})\delta_{\text{н}}}{t' + t'' + I'(K' - 1) + I''(K'' - 1)}; \quad (2.23)$$

- в обоих направлениях при $I' = I'' = I$, $K' = K'' = K$ –

$$N_{\text{см}} = \frac{K(1440 - t_{\text{тех}})\delta_{\text{н}}}{t' + t'' + 2I(K - 1)}, \quad (2.24)$$

где K', K'', K – число поездов в пакетах соответственно нечетного, четного и обоих направлений движения;

I', I'', I – соответствующие интервалы между поездами в пакетах, мин;

t', t'' – время хода соответственно нечетного и четного поездов между осями безостановочного скрещения поездов на двухпутных подходах к станциям а и б, мин.

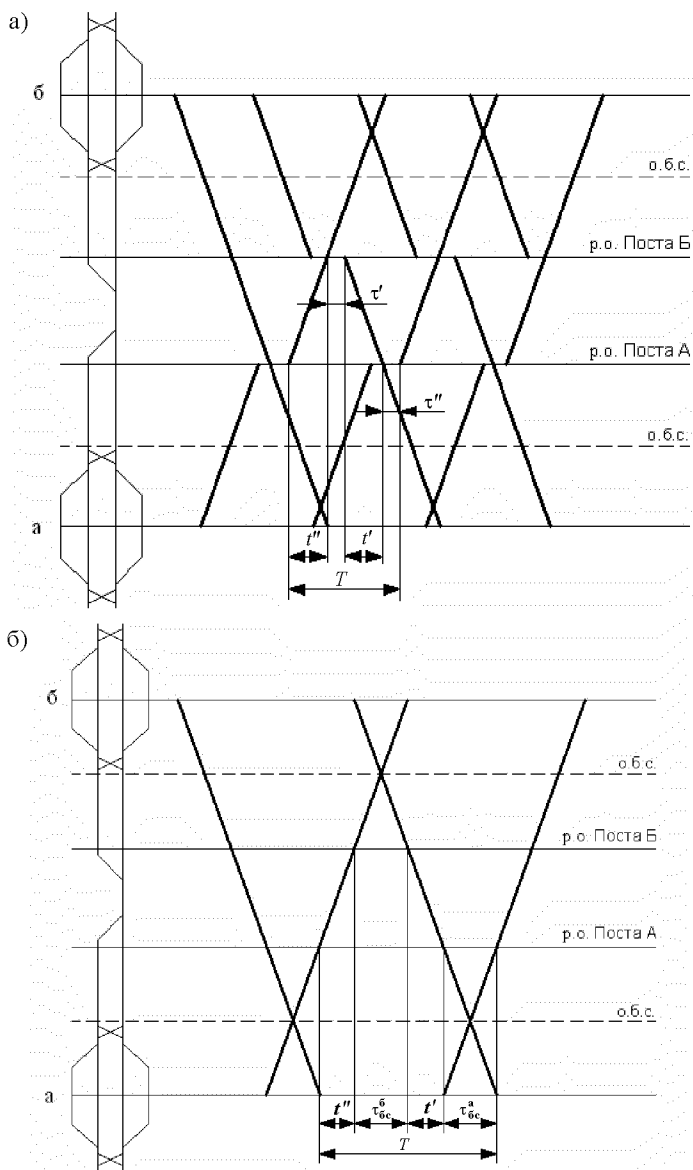


Рисунок 2.21

При неблагоприятных условиях профиля и плана пути, когда не разрешается отправлять поезда со станции (станции а и б на рисунке 2.21) на пе-

регион до освобождения сплетения путей (однопутного мостового перехода) встречным поездом, пропускная способность перегона рассчитывается в соответствии со схемами на рисунке 2.22. В этом случае применяются формулы (2.19), (2.21) при непакетном графике (см. рисунок 2.22, а) или (2.22), (2.23) – при пакетном графике (см. рисунок 2.22, б).

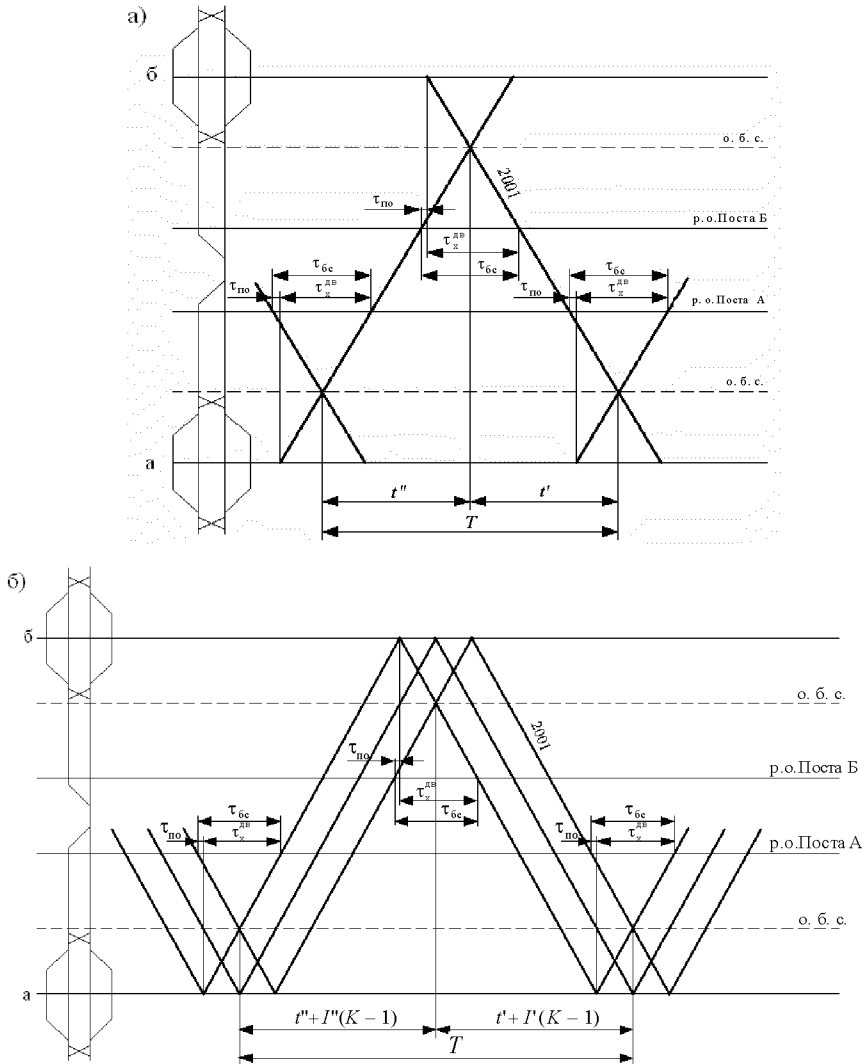


Рисунок 2.22

Оси безостановочного скрещения поездов на двухпутных подходах к сплетению путей (однопутному мостовому переходу) сдвигаются в сторону ограничивающих перегон станций до положения, при котором выполняется условие

$$\Phi_{bc} = \Phi_{no} + t_x^{лб}, \quad (2.25)$$

где Φ_{no} – интервал от момента освобождения поездом сплетения путей (однопутного мостового перехода) до момента отправления со станции в сторону сплетения (однопутного мостового перехода) встречного поезда, мин;

$t_x^{лб}$ – время хода поезда по двухпутному подходу от станции до расчетной оси, предшествующей выходу его на сплетение (однопутный мостовой переход), мин.

Если сплетение путей (однопутный мостовой переход) начинается сразу после выхода со станции (рисунок 2.23), т. е. отсутствует один двухпутный подход, то пропускная способность перегона определяется по формулам:

- в нечетном направлении –

$$N'_{см} = \frac{K'(1440 - t_{тех})\bar{b}_н}{t' + t'' + I'(K' - 1) + I''(K'' - 1) + \Phi_c}; \quad (2.26)$$

- в четном направлении –

$$N''_{см} = \frac{K''(1440 - t_{тех})\bar{b}_н}{t' + t'' + I'(K' - 1) + I''(K'' - 1) + \Phi_c}; \quad (2.27)$$

- в обоих направлениях при $I' = I'' = I$, $K' = K'' = K$ –

$$N_{см} = \frac{K(1440 - t_{тех})\bar{b}_н}{t' + t'' + 2I(K - 1) + \Phi_c}, \quad (2.28)$$

где Φ_c – интервал скрещения поездов на станции **а**, мин;

t', t'' – время хода соответственно нечетного и четного поездов между осью станции **а** и осью безостановочного скрещения на двухпутном подходе к станции **б**, мин.

В данном случае интервал безостановочного скрещения Φ_{bc} должен удовлетворять условию (2.25) в случае запрещения отправления на перегон поезда со станции **б** до освобождения сплетения путей (однопутного мостового перехода) встречным поездом.

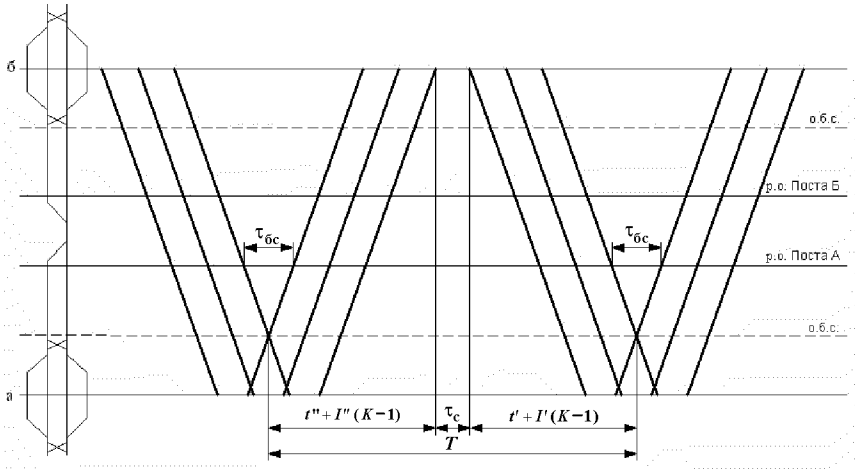


Рисунок 2.23

Пример 2.6 Определить наличную пропускную способность двухпутного участка, имеющего однопутный мостовой переход на перегоне б – в. Движение поездов осуществляется с остановкой по ст. в по схеме, приведенной на рисунке 2.24.

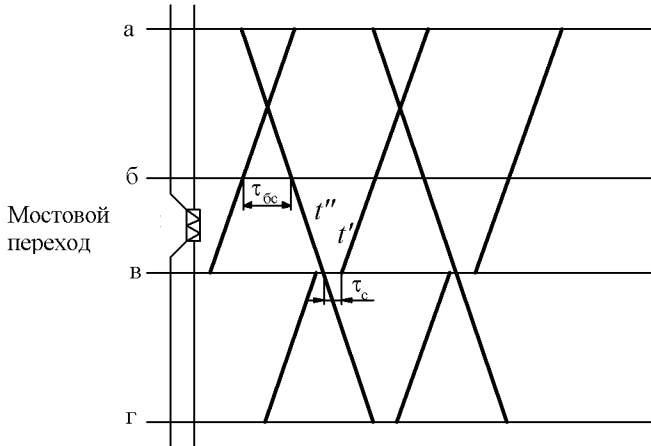


Рисунок 2.24

При этом $t'_x = 5$ мин, $t''_x = 6$ мин, интервал скрещения для станции в $\Phi_c = 1$ мин, интервал безостановочного скрещения по ст. б $\Phi_{бс} = 3$ мин, время на разгон нечетного поезда по ст. в $\Phi_p = 2$ мин.

Решение. В данном случае период графика

$$T_{\text{пер}} = t'_x + \Phi_{\text{вс}} + \Phi_{\text{р}} + t''_x + \Phi_{\text{в}} = 5 + 3 + 2 + 6 + 1 = 17 \text{ мин}$$

Пропускная способность перегона с однопутным мостовым переходом определяется по формуле (2.1), при этом значение технологического «окна» принимаем как для двухпутного участка $t_{\text{тех}} = 120$ мин, а $\alpha_n = 0,93$:

$$N_n = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot b_n}{T_{\text{пер}}} = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,93}{17} = 72 \text{ пары поездов.}$$

Если бы на перегоне б – в отсутствовал однопутный мостовой переход, пропускная способность определялась бы по формуле (2.15) как для двухпутного участка и при межпоездном интервале автоблокировки $I = 10$ мин была бы равна

$$N_n = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot b_n}{I} = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,93}{10} = 122,8 \approx 123 \text{ пары поездов.}$$

2.6 Определение числа грузовых поездов при непараллельном графике движения

Расчет пропускной способности при непараллельном графике заключается в распределении с помощью коэффициентов съема наличной пропускной способности, установленной для параллельного графика, между поездами различных категорий (пассажирских, в том числе пригородных; грузовых, в том числе ускоренных и сборных).

Максимально возможное число грузовых поездов на участках с преимущественным грузовым движением в условиях непараллельного графика

$$N_{\text{гр}} = N_n - e_{\text{пс}}^{\text{ск}} N_{\text{пс}}^{\text{ск}} - e_{\text{пс}} N_{\text{пс}} - e_{\text{пр}} N_{\text{пр}} - (e_{\text{уск}} - 1) N_{\text{уск}} - (e_{\text{сб}} - 1) N_{\text{сб}}, \quad (2.29)$$

где N_n – наличная пропускная способность участка при параллельном графике;

$e_{\text{пс}}^{\text{ск}}, e_{\text{пс}}, e_{\text{пр}}, e_{\text{уск}}, e_{\text{сб}}$ – соответственно коэффициенты съема для скорых пассажирских поездов, пассажирских, пригородных, ускоренных и сборных грузовых поездов;

$N_{\text{пс}}^{\text{ск}}, N_{\text{пс}}, N_{\text{пр}}, N_{\text{уск}}, N_{\text{сб}}$ – число поездов (пар поездов) соответствующих категорий.

На участках с преимущественным пассажирским движением общее число пассажирских и пригородных поездов (пар поездов) определяется по формуле

$$N_{\text{пс}} = N_n - e_{\text{гр}} N_{\text{гр}}^{\text{сп}} - e_{\text{уск}} N_{\text{уск}} - e_{\text{сб}} N_{\text{сб}}, \quad (2.30)$$

где $e_{\text{гр}}$ – коэффициент съема грузовых поездов; определяется в соответствии с рекомендациями подразд. 2.7;

$N_{\text{гр}}^{\text{сп}}$ – число грузовых поездов (без ускоренных и сборных).

2.7 Определение коэффициентов съема при непараллельном графике движения поездов

2.7.1 Однопутный участок

На однопутных участках с преимущественным грузовым движением коэффициенты съема для пассажирских, пригородных и ускоренных грузовых поездов, имеющих чистое время хода меньше, чем грузовые поезда, определяются по следующим формулам:

- при автоблокировке –

$$\epsilon_{\text{пс}} = 1 + 0,66 \frac{C_4^\Phi}{N_{\text{пу}}}, \text{ но не менее } 1, \quad (2.31)$$

где $C_4^\Phi = \frac{C_4}{\sum C}$ – доля станций на расчетном участке с четырьмя приемо-отправочными путями;

C_4 – число станций с четырьмя приемо-отправочными путями;

$\sum C$ – всего станций на расчетном участке;

$N_{\text{пу}}$ – общее число пассажирских, пригородных и ускоренных грузовых поездов на расчетном участке,

$$N_{\text{пу}} = N_{\text{пс}} + N_{\text{уск}};$$

- при полуавтоматической блокировке, электрожелезной системе, телефонной связи –

$$\epsilon_{\text{пс}} = 1,4 - \frac{3C_3^\Phi}{N_{\text{пу}}}, \text{ но не менее } 1, \quad (2.32)$$

где C_3^Φ – доля станций на расчетном участке с тремя приемо-отправочными путями, определяется так же, как и доля четырехпутных раздельных пунктов.

Для пассажирских, пригородных поездов, имеющих чистое время хода по участку, равное или большее, чем грузовых ($\Delta \geq 1$), коэффициенты съема определяются по формулам:

- при автоблокировке –

$$\epsilon_{\text{пс}} = 0,4 + 0,6\Delta; \quad (2.33)$$

- при полуавтоматической блокировке, электрожелезной системе, телефонной связи –

$$\epsilon_{\text{пс}} = 0,5 + 0,8\Delta. \quad (2.34)$$

На однопутных участках с преимущественным грузовым движением коэффициент съема для сборных поездов определяется по следующим формулам:

- при автоблокировке –

$$e_{сб} = \delta(1,2 + 0,9C_{сб}) - 0,4N_{пу}(1 - \Delta) - 0,5, \text{ но не менее } 1; \quad (2.35)$$

- при полуавтоматической блокировке, электрожелезной системе, телефонной связи –

$$e_{сб} = [1 + (2j - 1)C_{сб}][0,8 - 0,1N_{пу}(1 - \Delta)], \text{ но не менее } 1, \quad (2.36)$$

где δ – отношение суммы межпоездных интервалов в нечетном и четном направлениях при пакетном графике к периоду непакетного графика на ограничивающем перегоне,

$$\delta = (I' + I'')/T; \quad (2.37)$$

$C_{сб}$ – число станций на участке, обслуживаемых сборным поездом;

$N_{пу}$ – общее число пассажирских, пригородных и ускоренных грузовых поездов на расчетном участке;

Δ – среднее соотношение чистого времени хода пары пассажирских ($t'_{х.пас} + t''_{х.пас}$), пригородных ($t'_{х.пр} + t''_{х.пр}$) и ускоренных грузовых ($t'_{х.уск} + t''_{х.уск}$) поездов к времени хода пары грузовых ($t'_{х.гр} + t''_{х.гр}$) на расчетном участке, т.е.

$$\Delta = \frac{(t'_{х.пас} + t''_{х.пас}) + (t'_{х.пр} + t''_{х.пр}) + (t'_{х.уск} + t''_{х.уск})}{3(t'_{х.гр} + t''_{х.гр})}; \quad (2.38)$$

j – коэффициент неидентичности перегонов.

Для определения коэффициента j средний период графика нужно разделить на период ограничивающего перегона. Средний период графика равен частному от деления суммы периодов графика по всем перегонам участка на число перегонов.

На однопутных участках с преимущественным пассажирским или пригородным движением, на которых расчет пропускной способности при параллельном графике производится в пассажирских или пригородных поездах, коэффициенты съема грузовых $\epsilon_{гр}$ и ускоренных $\epsilon_{уск}$ грузовых поездов определяются по формуле (2.33) или (2.34) с подстановкой в нее вместо Δ величины $\Delta_{гр}$ – отношения чистого времени хода по участку пары грузовых или ускоренных грузовых поездов к времени хода пары пассажирских или пригородных поездов.

Коэффициент съема сборных поездов на участках с преимущественным пассажирским, пригородным движением определяется по формулам:

- при автоблокировке –

$$e_{сб} = d(1,2 + 0,9C_{сб}) - 0,1N_{гр} - 0,5; \quad (2.39)$$

- при полуавтоматической блокировке, электрожелезнодорожной системе, телефонной связи –

$$e_{сб} = [1 + (2j - 1)C_{сб}](0,8 - 0,025N_{гр}). \quad (2.40)$$

В обоих случаях $e_{сб}$ принимается равным не менее 1.

В формулах (2.39) и (2.40) $N_{гр}$ – число грузовых, в том числе ускоренных грузовых поездов без сборных.

На линиях с двухпутными вставками, когда на всем участке организуются безостановочные скрещения поездов, коэффициенты съема определяются по следующим формулам:

- для пассажирских, пригородных и ускоренных грузовых поездов, имеющих большую скорость хода по участку, чем грузовые, в случаях, если имеется возможность одновременно производить скрещение и обгон грузовых поездов пассажирскими не только на станциях, но и на всех вставках, –

$$e_{пс} = 1 + (1,5\Delta - 0,3)(1 - 0,03N_{пу}); \quad (2.41)$$

- если двухпутные вставки не оборудованы двусторонней автоблокировкой и не имеют диспетчерских съездов и между отдельными пунктами с путевым развитием имеются две и более таких вставок, –

$$e_{пс} = 1 + \Delta - 0,008N_{пу}; \quad (2.42)$$

- для сборных поездов –

$$e_{сб} = (C_{сб} + 1)[0,3 - 0,05N_{пу}(1 - \Delta)], \text{ но не менее } 1. \quad (2.43)$$

В формулах (2.41) – (2.43) $N_{пу}$ – общее число пар пассажирских, пригородных, ускоренных грузовых поездов, имеющих большую скорость хода по расчетному участку, чем грузовые.

2.7.2 Двухпутный участок

На двухпутных линиях коэффициенты съема для пассажирских, пригородных и ускоренных грузовых поездов, имеющих большую скорость хода по участку, чем грузовые, определяются следующим образом:

1 На участках с автоблокировкой, когда общие размеры пассажирского (в том числе пригородного) движения не превышают 60 пар поездов:

- для пассажирских и ускоренных грузовых поездов, имеющих скорость до 140 км/ч, –

$$e_{\text{пс}} = \frac{t_{\text{гр}}(1 - \Delta)(0,8 - 0,005N_{\text{пг}})}{I} + 1,3; \quad (2.44)$$

- для пассажирских поездов, имеющих скорость движения 140 – 200 км/ч, –

$$e_{\text{пс}} = \frac{t_{\text{гр}}(1 - \Delta)(0,8 - 0,005N_{\text{пг}})}{I} + 2,5 - 0,011N_{\text{пг}} - \Delta(0,85 - 0,011N_{\text{пг}}), \quad (2.45)$$

где $t_{\text{гр}}$ – время хода грузового поезда по ограничивающему перегону, мин;

$N_{\text{пг}}$ – общее число пассажирских (в том числе пригородных) и ускоренных грузовых поездов на участке;

I – расчетный межпоездной интервал на участке, мин;

величина Δ определяется аналогично п. 2.7.1 [см. формулу (2.38)];

- для пригородных поездов подсчитывается по формуле (2.44), только величина Δ определяется в пределах участка следования пригородного поезда.

2 На участках с автоблокировкой с размерами пассажирского, в том числе пригородного движения, более 60 пар поездов:

- для пассажирских и ускоренных грузовых поездов – по формулам (2.46) и (2.47), в которых в число $N_{\text{пг}}$ входят лишь поезда этих категорий без пригородных;

- для пассажирских и ускоренных грузовых поездов, имеющих скорость до 140 км/ч, –

$$e_{\text{пс}} = \frac{t_{\text{гр}}(1 - \Delta)(0,8 - 0,005N_{\text{пг}})}{I} + \frac{7,2}{N_{\text{пг}}} + 1; \quad (2.46)$$

- для пассажирских поездов, имеющих скорость движения 140–200 км/ч, –

$$e_{\text{пс}} = \frac{t_{\text{гр}}(1 - \Delta)(0,8 - 0,005N_{\text{пг}})}{I} + \frac{15}{N_{\text{пг}}} + 1; \quad (2.47)$$

- для пригородных поездов –

$$e_{\text{пр}} = \frac{I_{\text{пр}}}{I} + \frac{20}{N_{\text{пр}}} \left(1,2 - \frac{I_{\text{пр}}}{I} \right); \quad (2.48)$$

где $I_{\text{пр}}$ – минимальный интервал между пригородными поездами при параллельном графике с учетом стоянок на остановочных пунктах, мин;

$N_{\text{пр}}$ – размеры пригородного движения.

На участках с полуавтоматической блокировкой, телефонной связью

$$e_{\text{пс}} = (1,25 - \Delta)(0,85 - 0,02N_{\text{пг}}) + 1,15. \quad (2.49)$$

Коэффициент съема для пассажирских поездов, имеющих меньшее время хода, чем грузовые, на двухпутных участках должен проверяться на обеспеченность промежуточных станций обгонными приемо-отправочными путями отдельно по направлениям движения:

$$\sum m_{\text{п}}^{\text{обр}} \geq \frac{T_{\text{гр}}(1-D)}{I} - \epsilon_{\text{пс}} + 0,5, \quad (2.50)$$

где $\sum m_{\text{п}}^{\text{обр}}$ – число станционных путей на всех промежуточных станциях участка (кроме главных), специализированных для обгона поездов данного направления;

$T_{\text{гр}}$ – чистое время хода грузового поезда по участку в данном направлении, мин;

$\epsilon_{\text{пс}}$ – проверяемый на обеспеченность обгонными приемо-отправочными путями коэффициент съема пассажирского поезда.

Если число обгонных путей на участке окажется недостаточным, то будет иметь место дополнительный съем, который определится по формуле

$$\epsilon_{\text{п}}^{\text{обр}} = \left(\frac{T_{\text{гр}}(1-D)}{I} + 0,5 - \epsilon_{\text{пс}} - \sum m_{\text{п}}^{\text{обр}} \right) \eta, \quad (2.51)$$

где η – коэффициент, учитывающий совмещение времени съема по путям в зависимости от расположения пассажирских поездов на графике (рисунок 2.25).

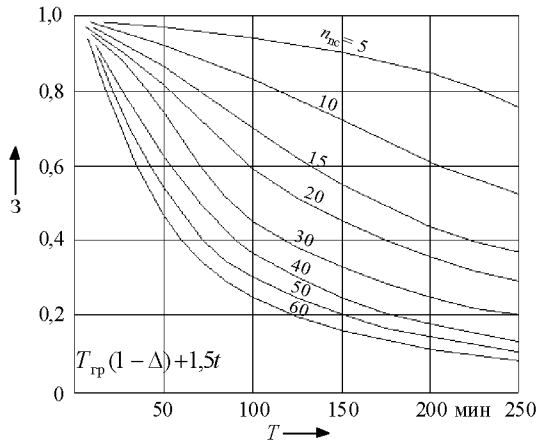


Рисунок 2.25

На двухпутных линиях с полуавтоматической блокировкой, телефонной связью при определении $\epsilon_{\text{п}}^{\text{обр}}$ в формулы (2.50) и (2.51) подставляется значение $I = t_{\text{гр}} + \tau_{\text{пс}}$.

Таким образом, при недостатке обгонных путей на промежуточных станциях участка коэффициент съема для пассажирских поездов возрастает на $e_{\text{п}}^{\text{обг}}$.

Коэффициент съема для пассажирских, пригородных поездов, имеющих большее время хода по участку, чем грузовые, на двухпутных линиях определяется по формулам:

- при автоблокировке –

$$e_{\text{пс}}^{\text{м}} = \frac{T_{\text{пс}} + \sum t_{\text{ст}}^{\text{пс}} - T_{\text{гр}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{от}}}{I} - 1; \quad (2.52)$$

- при полуавтоматической блокировке, телефонной связи –

$$e_{\text{пс}}^{\text{м}} = \frac{T_{\text{пс}} + \sum t_{\text{ст}}^{\text{пс}} - T_{\text{гр}}}{t_{\text{пр}} + \tau_{\text{пс}}} + 0,5, \quad (2.53)$$

где $T_{\text{пс}}$, $T_{\text{гр}}$ – чистое время хода по участку соответственно пассажирского и грузового поездов, мин;

$\sum t_{\text{ст}}^{\text{пс}}$ – сумма времени стоянок пассажирского поезда на промежуточных станциях и у остановочных платформ с учетом потерь времени на разгоны и замедления, мин;

$t_{\text{пр}}$, $t_{\text{от}}$ – станционный интервал прибытия на конечную станцию участка пассажирского поезда до грузового и отправления с начальной станции участка после грузового поезда, мин;

I – расчетный межпоездной интервал при автоблокировке, мин;

$\tau_{\text{пс}}$ – станционный интервал попутного следования поездов, мин.

В сумму времени стоянок пассажирского поезда на промежуточных станциях $\sum t_{\text{ст}}^{\text{пс}}$ не включаются стоянки продолжительностью при автоблокировке 8 мин и более, при полуавтоматической блокировке, телефонной связи – 30 мин и более.

Коэффициенты съема для сборных поездов на двухпутных линиях определяются по формулам:

- на участках, оборудованных автоблокировкой –

$$e_{\text{сб}} = (C_{\text{сб}} + 1)[1 - 0,02N_{\text{пу}}(2 - \Delta)], \text{ но не менее } 1,0; \quad (2.54)$$

- на участках с полуавтоматической блокировкой, телефонной связью –

$$e_{\text{сб}} = [1 + (2j - 1)C_{\text{сб}}][1 - 0,03N_{\text{пу}}(2 - \Delta)], \text{ но не менее } 1,0, \quad (2.55)$$

где $C_{\text{сб}}$ – число станционных путей на всех промежуточных станциях участка (кроме главных), специализированных для обгона поездов;

$N_{\text{пу}}$ – чистое время хода грузового поезда по участку в данном направлении, мин.

Если на участке изменяются размеры пассажирского, пригородного движения, то в формулах (2.54) и (2.55) принимается наибольшее значение $N_{\text{пу}}$.

2.8 Пропускная способность перегонов при применении подталкивания, двойной тяги, наличии примыкания подъездных путей и обращении соединенных поездов

Пропускная способность перегонов, на которых применяется подталкивание или двойная тяга, определяется в зависимости от способа организации движения поездов на этих перегонах.

Пропускная способность перегона при подталкивании и двойной тяге поездов

$$N_n = \frac{K_T(1440 - t_{\text{тех}})\delta_n}{T}, \quad (2.56)$$

где K_T – число пар поездов или поездов в одном направлении (на двухпутной линии), пропускаемых по перегону за период графика T .

При подталкивании на однопутных перегонах по схемам, приведенным на рисунке 2.26, K_T равно 1, а период графика

$$T = t'_T + t''_T + \Phi_a + \Phi_b + t_{\text{пер}}^a, \quad (2.57)$$

где t'_T, t''_T – общее время движения подталкивающего локомотива с поездом до места окончания толкания и возвращения обратно на станцию, мин;

Φ_a, Φ_b – станционные интервалы на станциях, ограничивающих перегон, мин;

$t_{\text{пер}}^a$ – дополнительное время при постановке подталкивающего локомотива в хвост поезда (при подходе подталкивающего локомотива к поезду на ходу, а также при постановке его за время интервала Φ_a это время равно нулю), мин;

В случае, когда подталкивание осуществляется на части перегона с возвращением обратно $t'_T + t''_T \leq t'$ (рисунок 2.26, а).

В случае, когда подталкивание осуществляется на части перегона и $t'_T + t''_T > t'$ (рисунок 2.26, б),

$$T = t'_T + t''_T + t' + \Phi_{\text{пс}} + \Phi_a + t_{\text{пер}}^a, \quad (2.58)$$

где $\Phi_{\text{пс}}$ – интервал попутного следования поездов, мин; значение $t_{\text{пер}}^a$, так же как и в предыдущем случае, может быть равно нулю.

В случае проследования подталкивающего локомотива с поездом по всему перегону и возвращения его на станцию начала подталкивания с поездом обратного направления (рисунок 2.26, в)

$$T = t' + t'' + \Phi_a + \Phi_b + t_{\text{пер}}^a + t_{\text{пер}}^b, \quad (2.59)$$

где $t_{\text{пер}}^a, t_{\text{пер}}^b$ – дополнительное время на переезду подталкивающего локомотива от поезда одного направления к поезду другого направления соответственно на станциях а и б, мин.

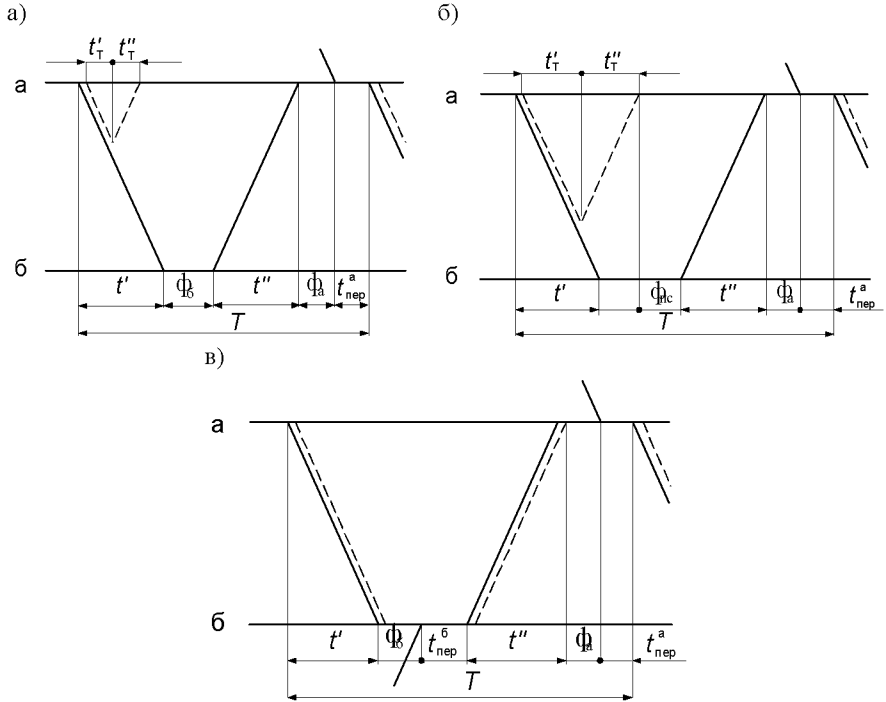


Рисунок 2.26

При подталкивании на двухпутных перегонах в соответствии со схемами, приведенными на рисунке 2.27, для случаев:

а) при подталкивании на части перегона, оборудованного полуавтоматической блокировкой, когда $t'_T + t''_T \leq t_{\text{гр}}$ (см. рисунок 2.27, а),

$$K_T = 1, T_{\text{пер}} = t_{\text{гр}} + \Phi_{\text{ис}} + t_{\text{пер}}; \quad (2.60)$$

б) при подталкивании на части перегона, когда $t'_T + t''_T > t_{\text{гр}}$ (см. рисунок 2.27, б),

$$K_T = 1, T_{\text{пер}} = t'_T + t''_T + \Phi_a + t_{\text{пер}}; \quad (2.61)$$

в) при следовании на участке с автоблокировкой подталкивающего локомотива с поездом в пределах всего перегона (см. рисунок 2.27, в)

$$K_T = 1, T_{пер} = I; \quad (2.62)$$

г) при возвращении подталкивающего локомотива со станции окончания подталкивания на станцию начала подталкивания за поездами через интервал I_M при автоблокировке (см. рисунок 2.27, з, д).

$$K_T = 1, T_{пер} = I_M + I, \quad (2.63)$$

где I_M – интервал между поездом и подталкивающим локомотивом, мин;

I_{II} – интервал между подталкивающим локомотивом и поездом, мин.

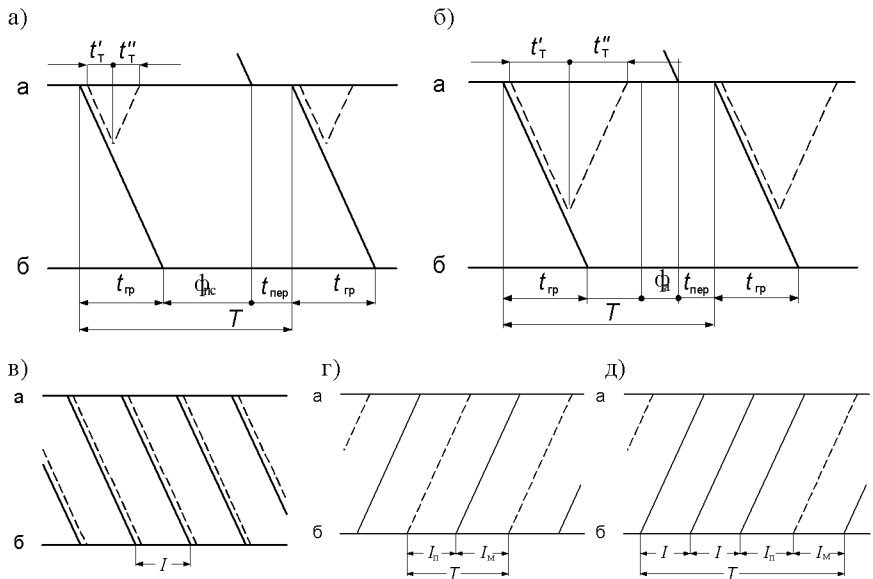


Рисунок 2.27

Пропускная способность перегонов при использовании двойной тяги на протяжении всего участка или его части определяется так же, как и при подталкивании поездов, как правило, в соответствии со схемами, приведенными для однопутных линий (см. рисунок 2.26, в), для двухпутных линий (см. рисунок 2.27, в, з, д).

Пропускная способность перегонов при наличии на них примыкающих подъездных путей

$$N_{пр} = \frac{(1440 - T_{пр} - t_{тех})\delta_n}{T}, \quad (2.64)$$

где $T_{\text{пр}}$ – суммарное время занятия перегона в течение суток операциями по подаче составов (вагонов) на примыкание и вывода их с примыкания, мин;

T – время занятия перегона, отнесенное соответственно на пару поездов или на один поезд, следующий по всему перегону, мин.

Время занятия перегона в течение суток операциями по подаче и выводу составов (рисунок 2.28)

$$T_{\text{пр}} = C_{\text{п}}(t'_{\text{пр}} + t''_{\text{пр}}), \quad (2.65)$$

где $C_{\text{п}}$ – число подач (уборок) составов в течение суток;

$t'_{\text{пр}} = t'_{\text{п}} + \Phi'_{\text{ис}}$ – время занятия перегона подачей на примыкание, равное сумме времени хода от станции до примыкания и интервала попутного следования, мин;

$t''_{\text{пр}} = t''_{\text{п}} + \Phi''_{\text{ис}}$ – то же при выводе состава с примыкания, мин.

Время занятия перегона, отнесенное на пару поездов, следующих по всему перегону,

$$T = t' + t'' + \Phi_{\text{а}} + \Phi_{\text{б}}. \quad (2.66)$$

Таким образом, пропускная способность перегона при наличии примыкания подъездных путей, пар поездов,

$$N_{\text{пр}} = \frac{[1440 - C_{\text{п}}(t'_{\text{пр}} + t''_{\text{пр}}) - t_{\text{тех}}] \bar{b}_{\text{п}}}{t' + t'' + \Phi_{\text{а}} + \Phi_{\text{б}}}. \quad (2.67)$$

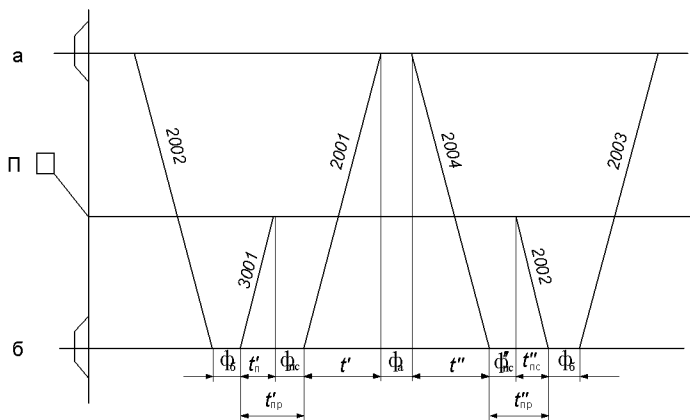


Рисунок 2.28

При параллельном графике **пропускная способность перегонов железнодорожных участков, на которых обращаются соединенные поезда**, зависит от принятой организации движения поездов на участке.

Пропускная способность перегонов при обращении соединенных поездов как системы эксплуатации определяется только при наличии достаточной длины приемо-отправочных путей на технических станциях и промежуточных раздельных пунктах и рассчитывается по формулам (в одиночных или парах одиночных поездов):

- на *однопутных линиях* -

$$N_{\text{н}} = \frac{K_{\text{с}}(1440 - t_{\text{тех}})\bar{b}_{\text{н}}}{T[1 + (K_{\text{с}} - 1)\lambda]}; \quad (2.68)$$

- на *двухпутных линиях* -

$$N_{\text{н}} = \frac{K_{\text{с}}(1440 - t'_{\text{тех}})\bar{b}'_{\text{н}}}{I[1 + (K_{\text{с}} - 1)\lambda]}, \quad (2.69)$$

где $K_{\text{с}}$ - число одиночных составов в соединенном поезде;

T - период однопутного графика при принятом способе пропуска поездов (пакетный, непакетный и т. д.), мин;

λ - доля одиночных грузовых поездов в общем поездопотоке. По техническим условиям она составляет в среднем 0,15 (15 % грузовых поездов не подлежат соединению).

Численные значения $t_{\text{тех}}$, $t'_{\text{тех}}$, $\bar{b}_{\text{н}}$, T , I при движении поездов соединенными отличаются от соответствующих значений этих величин при организации движения только одиночных поездов.

Продолжительность технологических «окон» определяется в зависимости от грузонапряженности участков по нормам, установленным Порядком планирования, организации предоставления и использования «окон» для ремонтных и строительно-монтажных работ на Белорусской железной дороге [20].

Период графика $T = t'_{\text{х}} + t''_{\text{х}} + \phi_{\text{а}} + \phi_{\text{б}} + t_{\text{рв}}$ и интервал в пакете I определяются с учетом увеличения длины составов и изменения ходовой скорости движения двоярного поезда. Интервал между двоярными поездами увеличивается по сравнению с интервалом между одиночными поездами на 25 % и строенного по сравнению со двоярными поездами - на 30 % (без учета возможного ограничения по электроснабжению, станциям и др.).

Межпоездной интервал при обращении одиночных и соединенных поездов

$$I = I_{\text{од}}\lambda + I_{\text{сд}}(1 - \lambda), \quad (2.70)$$

где $I_{од}$, $I_{сд}$ – межпоездной интервал при обращении соответственно оди-
ночных и соединенных поездов.

Значение b_n при обращении соединенных поездов принимается по таб-
лице 2.4.

Т а б л и ц а 2.4

Поезда	Значение b_n для участков	
	однопутных	однопутно-двухпутных и двухпутных
Сдвоенные	0,91	0,88/0,89
Строенные	0,86	0,83/0,84
<i>Примечание</i> – В числителе – при тепловозной тяге, в знаменателе – при электрической тяге.		

При непараллельном графике расчет пропускной способности участка по перегонам заключается в распределении резульативной пропускной способности, установленной для параллельного графика, между поездами различных категорий (пассажирских, пригородных, сборных, грузовых).

Влияние поездов различной категории на пропускную способность участка определяется через коэффициент съема (см. подразд. 2.7, 2.8).

*При обращении соединенных поездов пропускную способность для грузо-
вого движения определяют в три этапа.*

1 Находят максимально возможное число ниток для движения поездов:

- для однопутной линии –

$$N_n = \frac{(1440 - t_{тех})b_n}{T}; \quad (2.71)$$

- для двухпутных линий –

$$N_n = \frac{(1440 - t_{тех})b_n}{I}, \quad (2.72)$$

где $t_{тех}$, b_n , T , I определяют для соединенных поездов.

2 Устанавливают число ниток для пропуска грузовых поездов, используя формулу (1.29).

На участках двухпутных линий с автоблокировкой при организации движения соединенных поездов как системы коэффициенты съема определяют в соответствии с подразд. 2.8. При этом $t_{гр}$ составляет время хода соединенного поезда между станциями, на которых может быть осуществлен его обгон пассажирским.

3 Рассчитывают максимальное число грузовых поездов в одиночном исчислении при обращении соединенных поездов:

$$N_{\text{гр}}^{\text{max}} = \frac{K_c N_{\text{гр}}^{\text{н}}}{1 + (K_c - 1)\text{л}}. \quad (2.73)$$

Для линий с обращением сдвоенных поездов (т. е. при $K_c = 2$) формула (2.73) приобретает вид

$$N_{\text{гр}}^{\text{max}} = \frac{2N_{\text{гр}}^{\text{н}}}{1 + \text{л}}. \quad (2.74)$$

Коэффициент съема скорых, пассажирских и пригородных поездов на участках при движении соединенных поездов должен проверяться на обеспеченность промежуточных станций приемо-отправочными путями длиной, равной длине соединенного поезда.

На двухпутных участках обеспеченность станций обгонными приемо-отправочными путями

$$\sum m_{\text{п}}^{\text{обг}} \geq \frac{T_{\text{гр}}^{\text{с}}(1 - \mathcal{D})}{I} - e_{\text{пс}} + 0,5, \quad (2.75)$$

где $\sum m_{\text{п}}^{\text{обг}}$ – число станционных путей на всех промежуточных станциях участка (кроме главных), специализированных для обгона соединенных поездов данного направления;

$T_{\text{гр}}^{\text{с}}$ – чистое время хода соединенного поезда по участку в данном направлении, мин;

$e_{\text{пс}}$ – проверяемый на обеспеченность обгонными приемо-отправочными путями коэффициент съема пассажирским поездом.

Если число обгонных путей на промежуточных станциях участка окажется недостаточным, то будет иметь место дополнительный съем, значение которого рассчитывают по формуле

$$e_{\text{п}}^{\text{обг}} = \left[\frac{T_{\text{гр}}^{\text{с}}(1 - \mathcal{D})}{I} + 0,5 - e_{\text{пу}} - \sum m_{\text{п}}^{\text{обг}} \right] \text{з}. \quad (2.76)$$

Коэффициент з определяют по графику на рисунке 2.25.

При недостатке обгонных путей на промежуточных станциях участка коэффициент съема для пассажирских поездов всех категорий повышается на величину $e_{\text{п}}^{\text{обг}}$.

Число ниток для соединенных поездов

$$N_{\text{гр}2}^{\text{н}} = N_{\text{гр}}^{\text{н}} - (N_{\text{пс}} + N_{\text{пр}} + N_{\text{ск}})e_{\text{п}}^{\text{обг}}. \quad (2.77)$$

При этом максимальное число грузовых поездов в одиночном исчислении

$$N_{\text{гр}}^{\text{max}} = \frac{K_c N_{\text{гр}2}^{\text{н}}}{1 + (K_c - 1)\text{л}}. \quad (2.78)$$

2.9 Пропускная способность участка при совмещенной колее

Пропускная способность однопутных участков при наличии на них перегонов с совмещенной колеей (1435 и 1520 мм) определяется аналогично наличной пропускной способности однопутного участка по формуле (2.1).

Период графика ограничивающего перегона определяется путем рассмотрения четырех схем прокладки, приведенных на рисунке 2.1, с учетом движения поездов по узкой колее. При этом возможны следующие варианты пропуска поездов по каждой из схем:

- 1) пропуск пары поездов широкой колеей, затем пары поездов узкой колеей;
- 2) пропуск поезда широкой колеей одного направления, поезда узкой колеей обратного направления;
- 3) пропуск двух поездов разной колеей в одном направлении, затем в обратном и т.д.

В каждом конкретном случае для определения пропускной способности участка необходимо разработать расчетную схему прокладки поездов по ограничивающему перегону и определить период графика. Так, например, для схемы 1 (см. рисунок 2.1) по первому варианту пропуска поездов (рисунок 2.29, а) период графика:

$$T_1 = t' + t'' + \Phi_{\text{н}}^{\text{а}} + \Phi_{\text{н.м}}^{\text{б}} + 2\Phi_{\text{в}} + t'_{\text{уз}} + t''_{\text{уз}} + \Phi_{\text{н.уз}}^{\text{а}} + \Phi_{\text{н.м}}^{\text{б}} + 2\Phi_{\text{в.уз}}; \quad (2.79)$$

по второму (рисунок 2.29, б)

$$T_2 = t' + t''_{\text{уз}} + \Phi_{\text{н.м}}^{\text{а}} + t'_{\text{уз}} + \Phi_{\text{н.уз}}^{\text{б}} + \Phi_{\text{н.м}}^{\text{а}} + t'' + \Phi_{\text{н}}^{\text{б}} + 2\Phi_{\text{в}} + 2\Phi_{\text{в.уз}}; \quad (2.80)$$

по третьему (рисунок 2.29, в)

$$T_3 = t' + I_{\text{м}} + \Phi_{\text{н.м}}^{\text{а}} + t'' + I_{\text{м}} + \Phi_{\text{н.м}}^{\text{б}} + 2\Phi_{\text{в}}, \quad (2.81)$$

где $t'_{\text{уз}}$, $t''_{\text{уз}}$, $\Phi_{\text{н.уз}}^{\text{а}}$ – временные параметры для поездов узкой колеей;

$\Phi_{\text{н.м}}$ – интервал неодновременного прибытия между поездами широкой и узкой колеей;

$I_{\text{м}}$ – интервал между поездами широкой и узкой колеей, следующих пакетом.

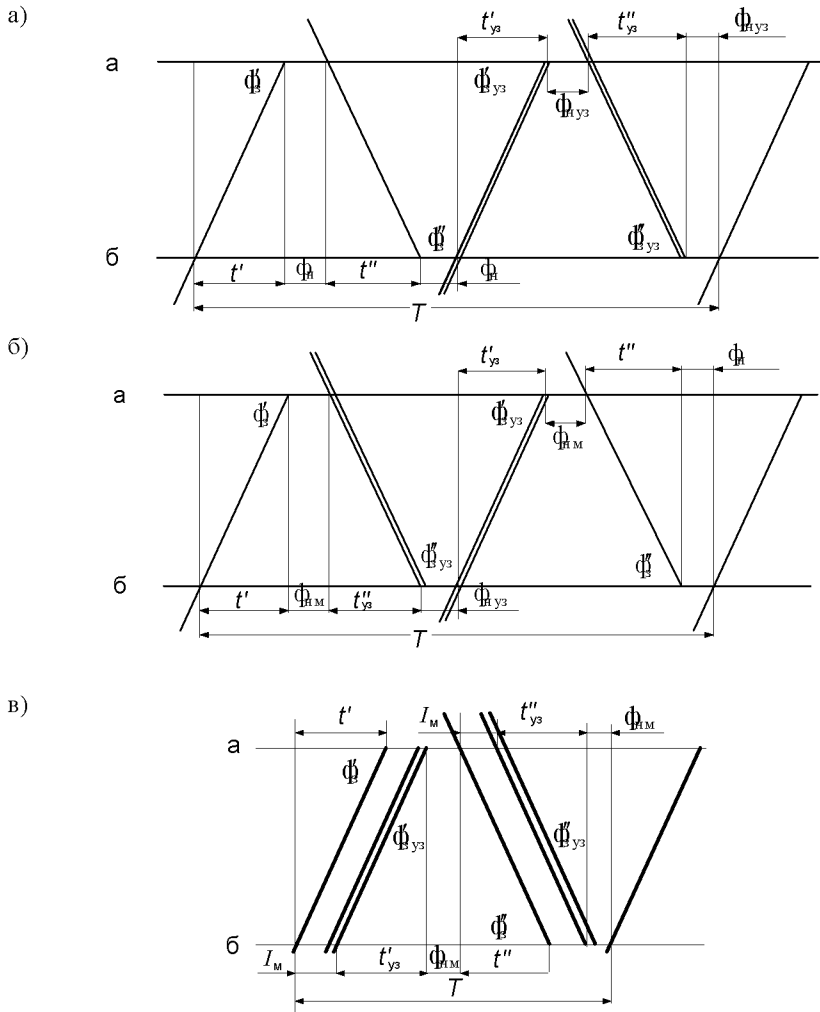


Рисунок 2.29

Третья схема прокладки применима при одинаковых перегонных временах хода поездов узкой и широкой колеи. При различных временах хода поездов узкой и широкой колеи за расчетный I_M принимается наибольшее его значение на смежных станциях.

Аналогичным образом рассматриваются II–IV схемы (см. рисунок 2.1).

3 ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ СТАНЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

3.1 Пропускная способность стрелочных горловин

Пропускная способность рассчитывается для горловин, в которых производится передвижение организованных поездов горловины с интенсивной маневровой работой, а также пересечения путей в одном уровне (главных, внутриузловых соединительных и других путей в возможных сочетаниях).

На станциях двухпутных линий с ярко выраженными независимыми передвижениями в четной и нечетной частях горловины или при отсутствии взаимосвязи между ними пропускную способность таких горловин целесообразно рассчитывать отдельно для каждой ее части.

Для расчета пропускной способности горловина делится на элементы, число которых должно быть не менее максимально возможного количества одновременно совершаемых в горловине передвижений. В состав каждого элемента включается группа совместно работающих стрелочных переводов, при занятии одного из которых каким-либо передвижением невозможно одновременное использование остальных стрелочных переводов этого же элемента для других передвижений. Глухое пересечение рассматривается как стрелочный перевод и ему присваивается соответствующий номер. В один элемент должны включаться стрелочные переводы, объединенные в один изолированный стрелочный участок (секцию), причем в составе элемента может быть более одной секции при условии, что по этим секциям нельзя осуществлять параллельные передвижения, в противном случае они должны относиться к разным элементам.

Для расчета пропускной способности горловин используются два основных метода: непосредственного расчета (приближенный) и по коэффициенту использования наиболее загруженного элемента.

Метод непосредственного расчета может применяться для ориентировочной оценки пропускной способности простых горловин, а также горловин, по которым в большей степени совершаются однородные передвижения (грузовые станции, пассажирские технические станции, технические парки, локомотивное хозяйство и др.).

По коэффициенту использования рекомендуется определять пропускную способность сложных горловин с интенсивными разнородными

передвижениями (крупные грузовые, участковые, сортировочные, пассажирские, технические станции и др.).

При непосредственном расчете наличную пропускную способность определяют по формуле

$$N_{\Gamma} = \frac{1440 - T_{\text{пост}}^{\circ}}{\bar{t}_{\text{зан}}^{\circ} + \varphi_{\Gamma} \bar{t}_{\text{вр}}^{\circ}}, \quad (3.1)$$

где $T_{\text{пост}}^{\circ}$ – время занятия наиболее загруженного элемента горловины выполнением постоянных операций в течение суток;

$\bar{t}_{\text{зан}}^{\circ}$ – среднее время занятия наиболее загруженного элемента поездами, маневровыми передвижениями, проходящимися на один поезд;

φ_{Γ} – коэффициент, учитывающий совмещение невраждебных операций в горловине (при двух параллельных маршрутах он равен 1,0, трех – 0,7, четырех и более – 0,5);

$\bar{t}_{\text{вр}}^{\circ}$ – среднее время возможных перерывов в использовании наиболее загруженного элемента горловины из-за враждебности маршрутов, проходящееся на один поезд.

Время занятия стрелочной горловины (с точностью до 0,1 мин) приемом или отправлением поезда рассчитывается для пути со средним числом стрелок в маршруте и средним расстоянием, проходимым поездом в горловине при приеме или отправлении в соответствии со специализацией путей для движения поездов различных категорий:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{м}}^{\text{пр}} + t_{\text{вх}}; \quad (3.2)$$

$$t_{\text{от}} = t_{\text{м}}^{\circ} + t_{\text{вых}}; \quad (3.3)$$

где $t_{\text{м}}^{\text{пр}}$, $t_{\text{м}}^{\circ}$ – время установки маршрута соответственно приема или отправления поезда и открытия сигнала (при электрической централизации стрелок и сигналов принимается 0,05 мин на одну стрелку и 0,1 мин – на открытие сигнала; при маршрутной централизации общее время $t_{\text{м}}^{\text{пр}}$ и $t_{\text{м}}^{\circ}$ составляет 0,15–0,20 мин);

$t_{\text{вх}}$, $t_{\text{вых}}$ – время прохода поездом расчетного расстояния, мин (соответственно $L_{\text{пр}}$ – при приеме, $L_{\text{от}}$ – при отправлении поезда, рисунок 3.1),

$$t_{\text{вх}} = t_{\text{в}} + \frac{L_{\text{т}} + L_{\text{тп}} + L_{\text{п}}}{16,7v_{\text{вх}}}; \quad (3.4)$$

$t_{\text{в}}$ – время восприятия машинистом показания входного сигнала – 0,1 мин;

- $L_{\text{П}}$ – расчетное расстояние, проходимое поездом в стрелочной горловине при приеме, м;
 $L_{\text{П}}$ – длина поезда, м;
 $L_{\text{Т}}$ – длина тормозного пути, м, принимается в соответствии с ПТЭ и местными инструкциями;
 $v_{\text{ВХ}}$ – средняя скорость входа поезда на станцию от начала тормозного пути до остановки с учетом времени замедления, км/ч;

$$t_{\text{ВЫХ}} = t_0 + \frac{L_{\text{ГО}} + L_{\text{П}}}{16,7v_{\text{ВЫХ}}}; \quad (3.5)$$

- t_0 – время от момента открытия выходного сигнала до трогания поезда, принимается $t_0 = 0,5$ мин;
 $L_{\text{ГО}}$ – расчетное расстояние, проходимое поездом по стрелочной горловине при отправлении, м;
 $v_{\text{ВЫХ}}$ – средняя скорость выхода поезда со станции с учетом разгона, км/ч.

При электрической централизации стрелок и сигналов

$$t_{\text{М}}^{\text{ПР}} = C_{\text{ПР}} \cdot 0,05 + t_{\text{ОС}}; \quad (3.6)$$

$$t_{\text{М}}^{\text{О}} = C_{\text{О}} \cdot 0,05 + t_{\text{ОС}}, \quad (3.7)$$

где $C_{\text{ПР}}$, $C_{\text{О}}$ – расчетное число стрелочных переводов, участвующих соответственно в маршруте приема или отправления поезда;

$t_{\text{ОС}}$ – время, затрачиваемое на открытие сигнала, мин.

На рисунке 3.1 $L_{\text{В}}$ – расстояние, проходимое поездом за время восприятия машинистом показания входного сигнала. Расстояние, проходимое поездом по стрелочной горловине при приеме и отправлении, и среднее число стрелочных переводов в маршруте устанавливается по масштабному плану станции, а для определения их расчетной величины может быть использована таблица 3.1.

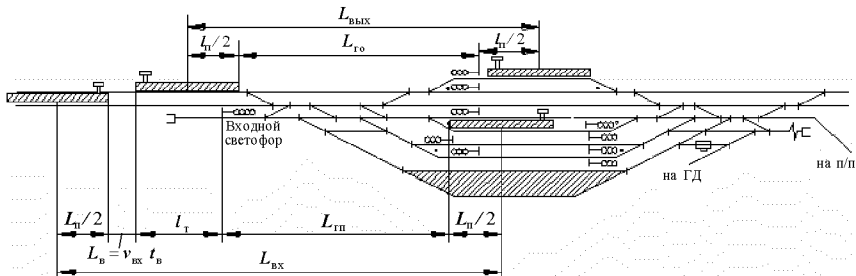


Рисунок 3.1

Т а б л и ц а 3.1

№ пути	Число стрелочных переводов, участвующих в маршруте		Расстояние, проходимое поездом, м	
	приема $C'_{пр}$	отправления C'_o	при приеме – от входного сигнала до предельного столбика (изолирующего стыка) последнего стрелочного перевода по маршруту $L'_{гп}$	при отправлении – от входного сигнала до предельного столбика (изолирующего стыка) выходного стрелочного перевода $L'_{то}$

Величину скоростей $v_{вх}$ и $v_{вых}$ определяют по данным тяговых расчетов для соответствующей категории поездов с учетом требуемых ПТЭ (гл. 16) и ИСИ (пп. 2.4, 2.5) ограничений [21, 22].

Используя таблицу 3.1, определяют расчетное число стрелочных переводов и расчетное расстояние, проходимое поездом в стрелочной горловине:

$$C_{пр} = \frac{\sum C'_{пр}}{m_{пр}}, \quad C_o = \frac{\sum C'_o}{m_o}; \quad (3.8)$$

$$L_{гп} = \frac{\sum L'_{гп}}{m_{пр}}, \quad L_{то} = \frac{\sum L'_{то}}{m_o}, \quad (3.9)$$

где $m_{пр}$, m_o – число путей, специализированных для приема и отправления поездов.

Продолжительность занятия горловины маневровыми передвижениями $t_{ман}$ устанавливается по техническим нормам на маневровую работу [17].

Среднее время занятия наиболее загруженного элемента

$$t_{зан}^r = \frac{\sum t_i N_i}{\sum N_i}, \quad (3.10)$$

где t_i – продолжительность занятия элемента горловины i -м передвижением;

N_i – число передвижений поездов i -й категории, совершаемых по элементу горловины.

Расчет $\sum t_i N_i$ и $\sum N_i$ удобно вести по форме таблицы 3.2.

Т а б л и ц а 3.2

Наименование передвижения	Номера элементов горловины, по которым совершается передвижение	Продолжительность занятия элемента (маршрута) i -м передвижением (t_i)	Число передвижений, совершаемых по маршруту за сутки (N_i)	Суммарная нагрузка элементов горловины передвижениями (t_i, N_i)				
				1	2	3	...	n

Среднее время наиболее загруженного элемента горловины $t_{вр}^3$ устанавливается методом моделирования загрузки горловины передвижениями различных категорий. Приближенно оно определяется из выражения

$$t_{вр,i}^3 = 1440(1 - \alpha_{т}) / \sum N_i, \quad (3.11)$$

где $\alpha_{т}$ – коэффициент, учитывающий потери времени в использовании наиболее загруженного элемента горловины из-за враждебности передвижений. Ориентировочно при двух параллельных маршрутах $\alpha_{тi}$ составляет 0,8–0,85, при трех – 0,85–0,90, четырех и более – 0,90–0,95.

Пример 3.1. Определить наличную пропускную способность нечетной горловины грузовой станции (рисунок 3.2). Пути I, 3, 4 специализируются для приема и отправления пассажирских, пригородных и грузовых поездов нечетного направления; пути II, 4, 3 – для приема и отправления поездов этих же категорий четного направления.

Пути 5, 7 предназначены для приема и отправления сборных и передаточных поездов обоих направлений.

Стрелочные переводы на станции оборудованы электрической централизацией.

Все виды маневровой работы выполняются маневровым локомотивом, приписанным к станции.

Продолжительность занятия горловины выполнением постоянных операций, не связанных с движением поездов, принимается 90 мин в сутки. Число передвижений различных категорий, осуществляемых в горловине, расчетная длина поездов и маневровых составов приведены в таблице 3.3. Все поезда, прибывающие на станцию, имеют остановку.

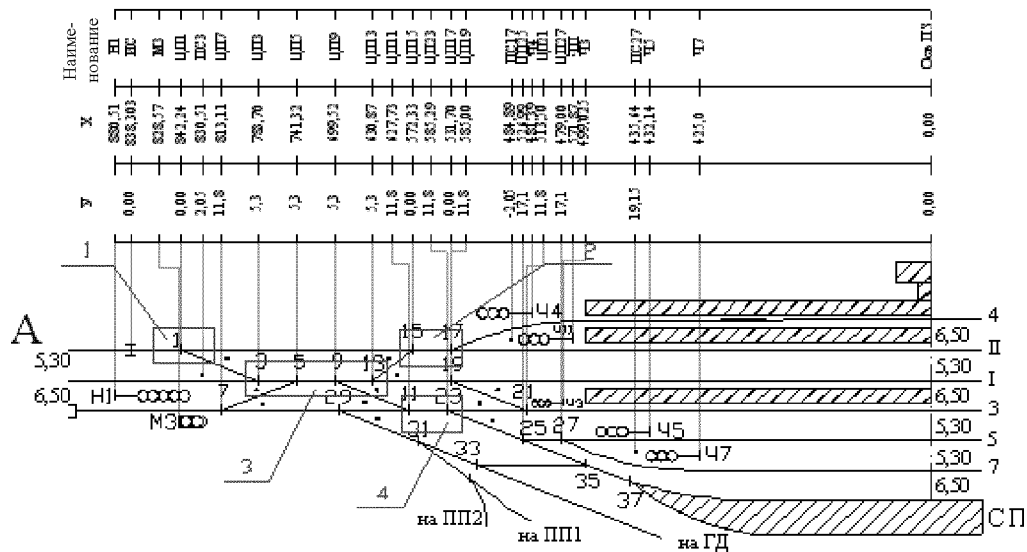
Т а б л и ц а 3.3

Наименование передвижений	Число передвижений		Расчетная длина состава, м	
	в нечетном направлении	в четном направлении	в нечетном направлении	в четном направлении
1 Пропуск пассажирского поезда	6	6	465	465
2 Пропуск пригородного поезда	7	7	160	160
3 Пропуск грузового поезда	30	28	850	850
4 Прием сборного поезда	3	–	500	–
5 Отправление сборного поезда	–	3	–	500
6 Прием передаточного поезда из А	4	–	300/20*	–
7 Отправление передаточного поезда на А	–	4	–	300/20*

Окончание таблицы 3.3

Наименование передвижений	Число передвижений		Расчетная длина состава, м	
	в нечетном направлении	в четном направлении	в нечетном направлении	в четном направлении
8 Заезд маневрового локомотива с вытяжного пути за отцепкой от сборного поезда на пути 5, 7	3	3	–	–
9 Вытягивание состава с отцепкой от сборного поезда на вытяжной путь 8 с путей 5, 7	3	3	210/14*	210/14*
10 Заезд маневрового локомотива с пути 8 за составом передаточного поезда на пути 5, 7	4	–	–	–
11 Вытягивание состава передаточного поезда с путей 5, 7 на вытяжной путь 8	4	–	300	–
12 Перестановка вагонов для перецепки к сборному поезду с вытяжного пути 8 нечетного направления на пути 5, 7**	3	–	200	–
13 Возвращение маневрового локомотива с путей 5, 7 на вытяжной путь 8	3	–	–	–
14 Перестановка готового к отправлению состава передаточного поезда на пути 5, 7 с вытяжного пути 8	–	4	–	300
15 Возвращение маневрового локомотива с путей 5, 7 на вытяжной путь 8	–	4	–	–
16 Подача локомотива под состав передаточного поезда на пути 5, 7 для отправления (с путей 5, 7)	–	4	–	–
<p>* Указано число вагонов в составе. ** Работа по прицепке вагонов к сборному поезду четного направления выполняется в четной горловине.</p>				

Расчетное расстояние, проходимое поездом, маневровым составом и одиночным локомотивом, а также число стрелочных переводов, участвующих в маршрутах приема и отправления поездов и маневровых передвижениях, приведены в таблицах 3.4 и 3.5.



№	Эл. гор-ны	l между эл.	№	Эл. гор-ны	l между эл.	№	Эл. гор-ны	l между эл.	№	Эл. гор-ны	l между эл.	№	Эл. гор-ны	l между эл.	
1	ЗС – ЦП1	14,063	5	ЦП7 – Н1	50,00	9	ЦП13 – ЦП15	58,54	13	ПС17 – ЧП	59,00	17	ЦП21 – ЧЗ	14,475	
2	ЦП1 – ЦП3	58,54	6	ЦП7 – МЗ	15,459	10	ЦП15 – ЦП17	40,63	14	ЦП13 – ПС19	45,87	18	ЦП9 – ЦП11	71,79	
3	ПС3 – ЦП3	46,81	7	ЦП5 – ЦП9	41,80	11	ЦП17 – ПС17	46,81	15	ЦП19 – ПС21	71,50	19	ЦП11 – ЦП23	42,44	
4	ЦП3 – ЦП5	42,38	8	ЦП9 – ЦП13	45,87	12	ПС17 – Ч4	3,50	16	ЦП23 – ПС21	71,79	20	ЦП23 – ЦП25	47,70	
													21	ЦП25 – ЦП27	47,99
													22	ПС27 – Ч5	3,50
													23	ЦП27 – СП27	43,36
													24	ЦП27 – Ч7	60,00

Рисунок 3.2

Т а б л и ц а 3.4

№ пути	Полезная длина пути, м	Расстояние, проходимое поездом, м		Число стрелочных переводов, участвующих в маршруте	
		при приеме – от входного сигнала до предельного столбика (изолирующего стыка) последнего стрелочного перевода по маршруту $L'_{пп}$	при отправлении – от выходного сигнала до предельного столбика (изолирующего стыка) выходного стрелочного перевода по маршруту $L'_{то}$	приема $C'_{пр}$	отправления $C'_{о}$
4	970,7	376,3	351,7	6	3
II	955,0	–	360,3	–	3
I	981,0	323,0	–	5	–
3	941,8	358,9	334,8	6	7
5	850,0	438,0	413,8	7	8
7	850,0	451,2	430,0	7	8

Т а б л и ц а 3.5

Наименование маршрута	Протяженность маршрута, м	Число стрелочных переводов, участвующих в маршруте	Скорость передвижения, км/ч
1 Заезд маневрового локомотива с вытяжного пути 8 на пути 5, 7	368,0	6	25
2 Вытягивание маневрового состава на вытяжной путь 8: с пути 5 " 7	371,5	6	15
	384,7	6	15
3 Перестановка маневрового состава с вытяжного пути 8 на пути 5, 7	368,0	6	15
4 Возвращение маневрового локомотива на вытяжной путь 8: с пути 5 " 7	371,5	6	25
	384,7	6	25
5 Заезд поездного локомотива передаточного поезда за стрелочный перевод 25: с пути 5 " 7	118,7	4	20
	131,8	4	20
6 Подача поездного локомотива под состав передаточного поезда от стрелочного перевода 25: на путь 7 " 5	131,8	2	20
	118,7	2	20

Р е ш е н и е. Для определения наличной пропускной способности горловины используем метод непосредственного расчета [формула (3.1)].

Время занятия горловины маршрутами приема и отправления определяется отдельно для каждой категории поездов, обслуживаемых станцией [по формулам (3.2), (3.3), (3.6), (3.7)].

В расчетах длина тормозного пути L_T принимается равной 1000 м, средняя скорость входа поезда на станцию – $v_{вх} = 25$ км/ч, выхода со станции – $v_{вых} = 20$ км/ч. При расчете $t_{вых}$ [по формуле (3.7)] следует иметь в виду, что длина поезда $L_{п}$ принимается в расчетах, если этот параметр превышает полезную длину $L_{полезн}$ приемо-отправочного пути, т.е. поезд длинносоставный, соединенный, когда $L_{п} > L_{полезн}$. При $L_{п} \leq L_{полезн}$ в расчетах используется среднее значение величины полезной длины путей, специализированных для отправления поездов данной категории.

В соответствии с принятой специализацией путей, и используя данные таблицы 3.4, находим значение $L_{гп}$, $L_{го}$, $C_{пр}$, C_o и соответствующие временные параметры установки маршрутов [см. формулы (3.8), (3.9)]:

- при приеме пассажирских, пригородных и грузовых поездов на I, 3, 4 пути –

$$L_{гп}^{1,3,4} = (323,0 + 358,9 + 376,3) / 3 = 352,7 \text{ м}; C_{пр}^{1,3,4} = (5 + 6 + 6) / 3 = 5,7;$$

$$t_M^{пр} = 5,7 \cdot 0,05 + 0,1 = 0,4 \text{ мин};$$

- при отправлении этих же категорий поездов со II, 4, 3 путей –

$$L_{го}^{II,4,3} = (360,3 + 351,7 + 334,8) / 3 = 348,9 \text{ м}; C_o^{II,4,3} = (3 + 3 + 7) / 3 = 4,3;$$

$$t_M^o = 4,3 \cdot 0,05 + 0,1 = 0,3 \text{ мин};$$

- при приеме и отправлении сборных и передаточных поездов с путей 5, 7 –

$$L_{гп}^{5,7} = (438,0 + 451,2) / 2 = 444,6 \text{ м}; L_{го}^{5,7} = (413,8 + 430,0) / 2 = 412,9 \text{ м};$$

$$C_{пр}^{5,7} = (7 + 7) / 2 = 7; C_o^{5,7} = (8 + 8) / 2 = 8;$$

$$t_M^{пр} = 7 \cdot 0,05 + 0,1 = 0,5 \text{ мин}; t_M^o = 8 \cdot 0,05 + 0,1 = 0,5 \text{ мин}.$$

Время $t_{вх}$ прохода расчетного расстояния поездами соответствующих категорий составит [см. формулу (3.6)]:

- при приеме на 1, 3, 4 пути –

$$t_{вх}^{пасс} = 0,1 + \frac{352,7 + 465,0 + 1000,0}{16,7 \cdot 25} = 4,5 \text{ мин};$$

$$t_{вх}^{приг} = 0,1 + \frac{352,7 + 160,0 + 1000,0}{16,7 \cdot 25} = 3,7 \text{ мин};$$

$$t_{вх}^{гр} = 0,1 + \frac{352,7 + 850,0 + 1000,0}{16,7 \cdot 25} = 5,4 \text{ мин};$$

- при приеме на 5, 7 пути –

$$t_{\text{вх}}^{\text{сб}} = 0,1 + \frac{444,6 + 500,0 + 1000,0}{16,7 \cdot 25} = 4,8 \text{ мин};$$

$$t_{\text{вх}}^{\text{перед}} = 0,1 + \frac{444,6 + 300,0 + 1000,0}{16,7 \cdot 25} = 4,3 \text{ мин}.$$

Время занятия горловины приемом поезда соответствующей категории [см. формулу (3.2)]

$$t_{\text{пр}}^{\text{пс}} = 0,4 + 4,5 = 4,9 \text{ мин}; \quad t_{\text{пр}}^{\text{приг}} = 0,4 + 3,7 = 4,1 \text{ мин}; \quad t_{\text{пр}}^{\text{п}} = 0,4 + 5,4 = 5,8 \text{ мин};$$

$$t_{\text{пр}}^{\text{сб}} = 0,5 + 4,8 = 5,3 \text{ мин}; \quad t_{\text{пр}}^{\text{перед}} = 0,5 + 4,3 = 4,8 \text{ мин}.$$

Так как длина составов, отправляемых со станции поездов, не превышает полезную длину приемо-отправочных путей, в формулу (3.5) подставляется полезная длина приемо-отправочного пути. Учитывая, что приемо-отправочные пути имеют разную величину полезной длины, целесообразно определить ее среднее значение в соответствии со специализацией для отправления поездов различных категорий.

Для отправления пассажирских, пригородных и грузовых поездов предназначены II, 4 и 3 пути, следовательно,

$$\bar{L}_{\text{полезн}}^{\text{II,4,3}} = \frac{\sum_{i=1}^m L_{\text{полезн}, i}}{m_o} = \frac{955,0 + 970,7 + 941,8}{3} = 955,8 \text{ м}.$$

Для отправления сборных и передаточных поездов с путей 5, 7, имеющих одинаковую полезную длину, $\bar{L}_{\text{полезн}}^{5,7} = 850 \text{ м}$. Тогда

$$t_{\text{вых}}^{\text{II,4,3}} = 0,5 + \frac{348,9 + 955,8}{16,7 \cdot 20} = 4,4 \text{ мин}; \quad t_{\text{вых}}^{5,7} = 0,5 + \frac{412,9 + 850,0}{16,7 \cdot 20} = 4,3 \text{ мин};$$

$$t_{\text{от}}^{\text{II,4,3}} = 0,3 + 4,4 = 4,7 \text{ мин}; \quad t_{\text{от}}^{5,7} = 0,5 + 4,3 = 4,8 \text{ мин}.$$

Время занятия горловины маневровыми передвижениями, согласно [17], удобнее рассматривать по полурейсам и определять по формуле

$$t_{\text{ман}} = t_{\text{м}}^{\text{ман}} + t_{\text{в}}^{\text{ман}} + t_{\text{п/р}}, \quad (3.12)$$

где $t_{\text{м}}^{\text{ман}}$ – время установки маневрового маршрута и открытия сигнала,

$$t_{\text{м}}^{\text{ман}} = C_{\text{ман}} \cdot 0,05 + t_{\text{ос}}, \quad (3.13)$$

$C_{\text{ман}}$ – число стрелочных переводов, участвующих в маневровом маршруте;

$t_{\text{в}}^{\text{ман}}$ – время восприятия машинистом показания маневрового сигнала, принимается 0,1 мин;

$t_{\text{п/р}}$ – продолжительность полурейса маневрового передвижения;

$t_{\text{ос}}$ – время, затрачиваемое на открытие маневрового сигнала, мин.

Продолжительность маневровых передвижений (полурейса)

$$t_{п/р} = \left(\alpha_{р\tau} + \beta_{р\tau} m \right) \frac{v}{2} + 0,06 \frac{l_{п/р}}{v}, \quad (3.14)$$

где $\alpha_{р\tau}$ – коэффициент, учитывающий время изменения скорости движения локомотива, приходящееся на 1 км/ч при разгоне и торможении, $\alpha_{р\tau} = 0,0407$ мин/(км/ч) [17];

$\beta_{р\tau}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время изменения скорости движения маневрового состава на 1 км/ч, приходящееся на один вагон, при разгоне и торможении, $\beta_{р\tau} = 0,0017$ мин (км/ч) [17];

m – число вагонов в маневровом составе;

v – средняя скорость движения при маневрах, км/ч;

$l_{п/р}$ – длина полурейса, м.

При передвижении одиночных локомотивов выражение (3.14) упрощается:

$$t_{п/р} = 0,0407 \frac{v}{2} + 0,6 \frac{l_{п/р}}{v}. \quad (3.15)$$

Используя формулы (3.12)–(3.15), расчеты продолжительности маневровых передвижений сведены в таблицу 3.6.

Т а б л и ц а 3.6

Наименование передвижения	Длина полурейса, м	Средняя длина полурейса, м	Продолжительность полурейса, мин	Время установки маневрового маршрута $(t_{м}^{ман} + t_{в}^{ман})$, мин	Продолжительность занятия горловины, мин
1 Заезд маневрового локомотива с вытяжного пути 8 на пути 5, 7	368,0	368,0	1,4	0,4	1,8
2 Вытягивание маневрового состава на вытяжной путь 8: с пути 5 " 7	371,5 384,7	378,1	1,6/2,0*	0,4	2,0/2,4*
3 Перестановка состава с вытяжного пути 8 на пути 5, 7	368,0	368,0	1,6/2,0*	0,4	2,0/2,4*
4 Возвращение маневрового локомотива на вытяжной путь 8: с пути 5 " 7	371,5 384,7	378,1	1,4	0,4	1,8

Окончание таблицы 3.6

Наименование передвижения	Длина полу-рейса, м	Средняя длина полуурейса, м	Продолжительность полуурейса, мин	Время установки маневрового маршрута $(t_{м}^{ман} + t_{в}^{ман})$, мин	Продолжительность занятия горловины, мин
5 Заезд поездного передаточного поезда за стрелочный перевод 25: с пути 5 " 7	118,7 131,8	125,3	0,8	0,2	3,0
6 Подача поездного локомотива под состав передаточного поезда от стрелочного перевода 25: на путь 7 " 5	131,8 118,7	125,3	0,8	0,2	1,0
* Числитель – для сборного поезда, знаменатель – для передаточного.					

Среднее время занятия наиболее загруженного элемента определяется по формуле (3.10).

Для расчета $\sum t_i N_i$ и $\sum N_i$ используется таблица 3.7.

Таблица 3.7

Наименование передвижения	Номера элементов горловины, по которым совершается передвижение	Продолжительность занятия элемента (маршрута) i -ым передвижением, мин	Число передвижений, совершаемых по маршруту за сутки	Суммарная нагрузка элементов горловины, мин			
				1	2	3	4
Прием пассажирского поезда из А на пути I, 3	3	4,9	5			24,5	
Прием пригородного поезда из А на пути I, 3	3	4,1	5			20,5	
Прием грузового поезда из А на пути I, 3	3	5,8	25			145,0	
Прием пассажирского поезда из А на путь 4	3,2	4,9	1		4,9	4,9	
Прием пригородного поезда из А на путь 4	3,2	4,1	2		8,2	8,2	
Прием грузового поезда из А на путь 4	3,2	5,8	5		29,0	29,0	

Продолжение таблицы 3.7

Наименование передвижения	Номера элементов горловины, по которым совершается передвижение	Продолжительность занятия элемента (маршрута) <i>i</i> -ым передвижением, мин	Число передвижений, совершаемых по маршруту за сутки	Суммарная нагрузка элементов горловины, мин			
				1	2	3	4
Отправление пассажирского поезда с путей П, 4 на А	2,1	4,7	5	23,5	23,5		
Отправление пригородного поезда с путей П, 4 на А	2,1	4,7	5	23,5	23,5		
Отправление грузового поезда с путей П, 4 на А	2,1	4,7	24	112,8	112,8		
Отправление пассажирского поезда с пути 3 на А	3,1	4,7	1	4,7		4,7	
Отправление пригородного поезда с пути 3 на А	3,1	4,7	2	9,4		9,4	
Отправление грузового поезда с пути 3 на А	3,1	4,7	4	18,8		18,8	
Прием сборного поезда из А на пути 5, 7	3,4	5,3	3			15,9	15,9
Прием передаточного поезда из А на пути 5, 7	3,4	4,8	4			19,2	19,2
Отправление сборного поезда на А с путей 5, 7	4,3,1	4,8	3	14,4		14,4	14,4
Отправление передаточного поезда на А с путей 5, 7	4,3,1	4,8	4	19,2		19,2	19,2
Заезд маневрового локомотива с вытяжного пути 8 на пути 5, 7 за отцепкой от сборного поезда	4	1,8	3				5,4
Заезд маневрового локомотива с вытяжного пути 8 на 5, 7 за составом передаточного поезда	4	1,8	4				7,2

Окончание таблицы 3.7

Наименование передвижения	Номера элементов горловины, по которым совершается передвижение	Продолжительность занятия элемента (маршрута) <i>i</i> -ым передвижением, мин	Число передвижений, совершаемых по маршруту за сутки	Суммарная нагрузка элементов горловины, мин			
				1	2	3	4
Вытягивание отцепки от сборного поезда на вытяжной путь 8 с путей 5, 7	4	2,0	3				6,0
Вытягивание состава передаточного поезда на вытяжной путь 8 с путей 5, 3	4	2,4	4				9,6
Перестановка прицепной группы вагонов к сборному поезду с вытяжного пути 8 на пути 5, 7	4	2,0	3				6,0
Перестановка состава передаточного поезда с вытяжного пути 8 на пути 5, 7	4	2,4	4				9,6
Возвращение маневрового локомотива на вытяжной путь 8 с путей 5, 7	4	1,8	7				12,6
Заезд поездного локомотива передаточного поезда за стрелочный перевод 25 с путей 5, 7	4	3,0	4				12,0
Подача поездного локомотива передаточного поезда от стрелочного перевода 25 на пути 5, 7	4	1,0	4				4,0
ИТОГО				226,3	201,9	333,7	141,1

Для выявления наиболее загруженного элемента в горловине выделяются расчетные элементы, по которым в любой момент времени может совершаться только одно передвижение. В рассматриваемой горловине выделяются четыре расчетных элемента:

- 1-й – стрелочный перевод 1;
- 2-й – стрелочные переводы 15, 17;
- 3-й – стрелочные переводы 3, 5, 9, 13;
- 4-й – стрелочные переводы 11, 23.

По результатам выполненных расчетов наиболее загруженным является третий элемент с суммарной загрузкой 333,7 мин в сутки. Следовательно,

$$\bar{t}_{\text{зан}}^3 = \frac{333,7}{64} = 5,2 \text{ мин.}$$

Так как в горловине могут выполняться одновременно три поездные или маневровые операции, коэффициент φ_2 принимается равным 0,7, а $\bar{t}_{\text{вр}}^3$ приближенно определяется по формуле (3.1).

$$\bar{t}_{\text{вр}}^3 = 1440(1 - 0,85) / 64 = 3,38 \text{ мин.}$$

После подстановки полученных данных в формулу (3.1) получим

$$N_r = \frac{1440 - 90}{5,2 + 0,7 \cdot 3,38} = 177 \text{ поездов.}$$

Расчет наличной пропускной способности горловины по коэффициенту ее использования осуществляется в несколько этапов:

1 В горловине выявляют элементы, подлежащие расчету. В один расчетный элемент включают стрелочные переводы, занятие одного из которых каким-либо передвижением не позволяет одновременно осуществлять передвижения по другим стрелочным переводам выделенного элемента. В противном случае они должны быть разделены. Число таких элементов, как правило, не должно быть меньше максимально возможного числа параллельных маршрутов, которое может быть реализовано в горловине.

2 Составляют сводную таблицу совершаемых в горловине передвижений по форме таблицы 3.8.

Т а б л и ц а 3.8

Маршруты (передвижения)	Номера стрелок, участвующих в маршрутах	Продолжительность занятия маршрута одной операцией τ , мин	Число операций по маршруту n	Продолжительность занятия маршрута всеми операциями, мин		Элементы, в которые входят стрелки, участвующие в маршруте
				изменяющиеся $T_{3,i}$	постоянными $T_{\text{пост},i}$	

При этом к постоянным относятся все операции, которые не изменяются с увеличением размеров грузового движения или число которых на расчетный период задается: операции, связанные с движением пассажирских и

сборных поездов, обслуживанием локомотивного и вагонного хозяйств, погрузочно-выгрузочных пунктов и др. В отдельных случаях на участковых станциях к постоянным операциям может быть отнесено заданное на расчетный период число участковых поездов, на сортировочных станциях – транзитных поездов без переработки, а на специальных пассажирских станциях – заданное число грузовых поездов.

3 Определяют продолжительность занятия каждого элемента в течение расчетного периода зависящими от размеров движения изменяющимися ($T_{з,i}$) и постоянными ($T_{пост,i}$) операциями путем суммирования соответственно граф 5 и 6 таблицы 3.8 для i -го элемента:

$$T_{з,i} = \sum t_{ij} N_{ij} \text{ и } T_{пост,i} = \sum t_{пост,ij} N_{пост,ij}, \quad (3.16)$$

где t_{ij} и $t_{пост,ij}$ – продолжительность занятия i -го элемента соответственно изменяющимися и постоянными передвижениями категории j ;

N_{ij} и $N_{пост,ij}$ – количество передвижений категории j по элементу i .

4 Рассчитывают коэффициент загрузки каждого элемента

$$K_{з,i} = T_{з,i}(1+q)/(T_p - T_{пост,i}) < 1, \quad (3.17)$$

где q – коэффициент, учитывающий отказы устройств автоматики, принимается $q = 0,01$;

T_p – расчетный период (обычно $T_p = 1440$ мин).

5 Находят коэффициент использования горловины для элементов с наибольшей загрузкой (таблица 3.9)

$$K_\Gamma = i^{\max} \left[K_{з,i} + \frac{\Phi \bar{t}_{вр,j}^\Gamma i T_{з,i}}{(T_p - T_{пост,i})(T_{з,i} + T_{пост,i})} \right], \quad (3.18)$$

где $\bar{t}_{вр,j}^\Gamma$ – среднее время перерывов в использовании наиболее загруженно-го элемента горловины из-за враждебности маршрутов по другим элементам в течение T_p . Приблизленно

$$t_{вр} = T_p(1 - \alpha_\Gamma). \quad (3.19)$$

6 Определяют пропускную способность горловины по наиболее загруженному элементу

$$N_\Gamma = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^s N_{jp}}{K_\Gamma}, \quad (3.20)$$

где N_{jp} – число передвижений категории j с подхода p через горловину.

Наличная пропускная способность сравнивается с потребной (см. разд. 1) для принятия решений.

Т а б л и ц а 3.9

Номер элемента (по схеме горловины)	Продолжительность занятия элемента операциями, мин		Коэффициент загрузки $K_{з,i}$	Коэффициент использования $K_{г,i}$
	изменяющимися $T_{з,i}$	постоянными $T_{пост,i}$		

При обслуживании горловиной поездов, превышающих полезную длину прямо-отправочных путей (недостаточная полезная длина прямо-отправочных путей, длинносоставные поезда и др.) дополнительно, при расчете продолжительности занятия расчетных элементов горловины, следует учитывать время обработки поезда, предусмотренное технологическим процессом работы станции (перестановка не вмещающейся части состава на другой путь или другие виды работ).

Пример 3.2.* Определить пропускную способность горловин пассажирской станции МП (рисунки 3.3, 3.4) за период интенсивного движения поездов, который составляет 240 мин.

Размеры движения пассажирских и пригородных поездов приведены в таблице 3.10.

Грузовое движение поездов осуществляется по обходным главным путям без занятия горловин станции МП.

Т а б л и ц а 3.10

Наименование элементов станции	Операции приема и отправления по категориям поездов	Количество поездов в сутки
Нечетная горловина станции	Прием пассажирских поездов с направления Б	4
	Прием пригородных поездов с направления Б	0
	Отправление пассажирских поездов на направление Б	9
	Отправление пригородных поездов на направление Б	0
	Прием пассажирских поездов с направления О	7
	Прием пригородных поездов с направления О	5
	Отправление пассажирских поездов на направление О	6
	Отправление пригородных поездов на направление О	2
Четная горловина станции	Прием пассажирских поездов с направления Мл	7
	Прием пригородных поездов с направления Мл	7
	Отправление пассажирских поездов на направление Мл	5
	Отправление пригородных поездов на направление Мл	3
	Прием пассажирских поездов с направления Бр	7
	Прием пригородных поездов с направления Бр	2
	Отправление пассажирских поездов на направление Бр	4
	Отправление пригородных поездов на направление Бр	2

* Пример 3.2 разработан инж. А.В. Николюком.

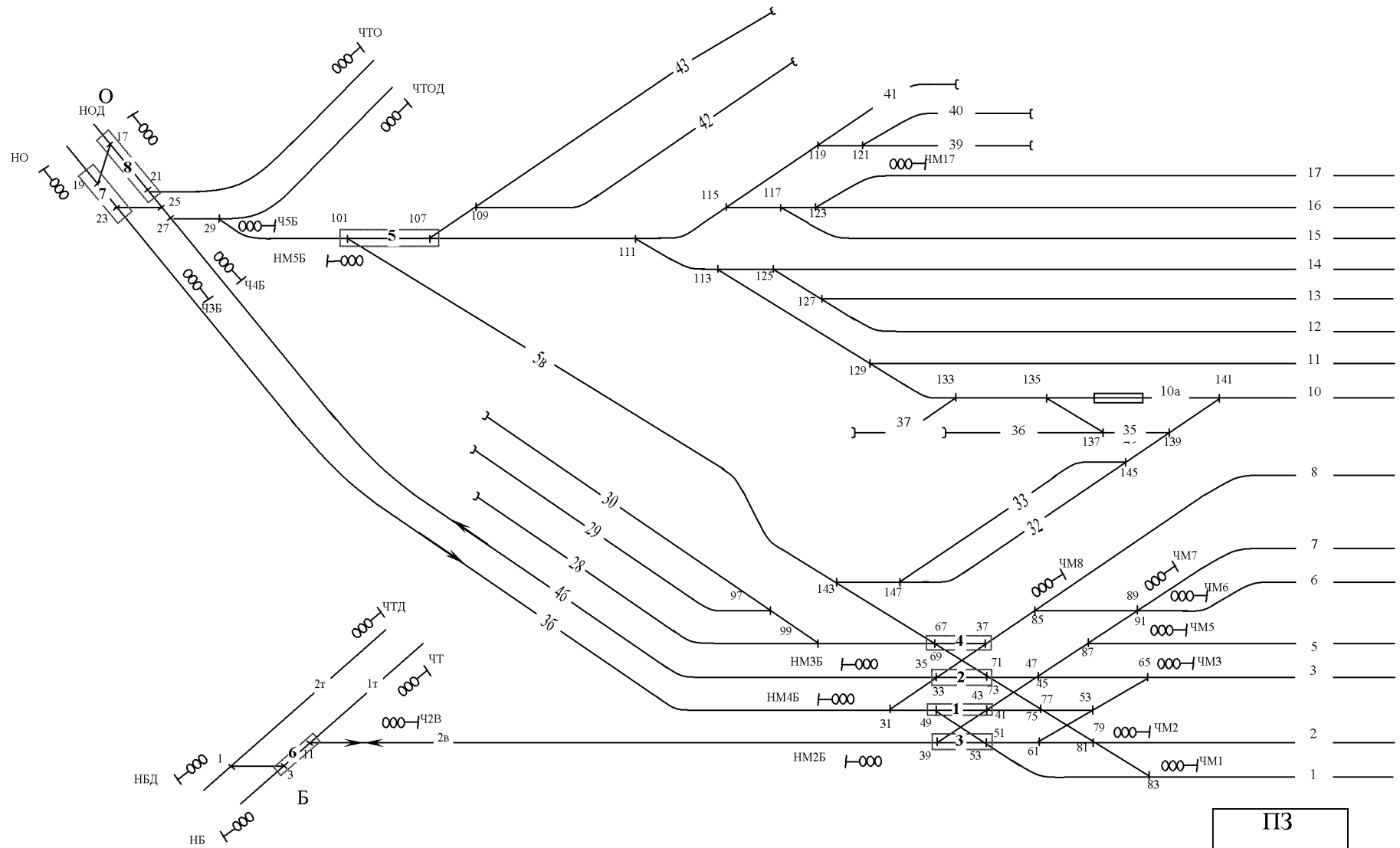


Рисунок 3.3

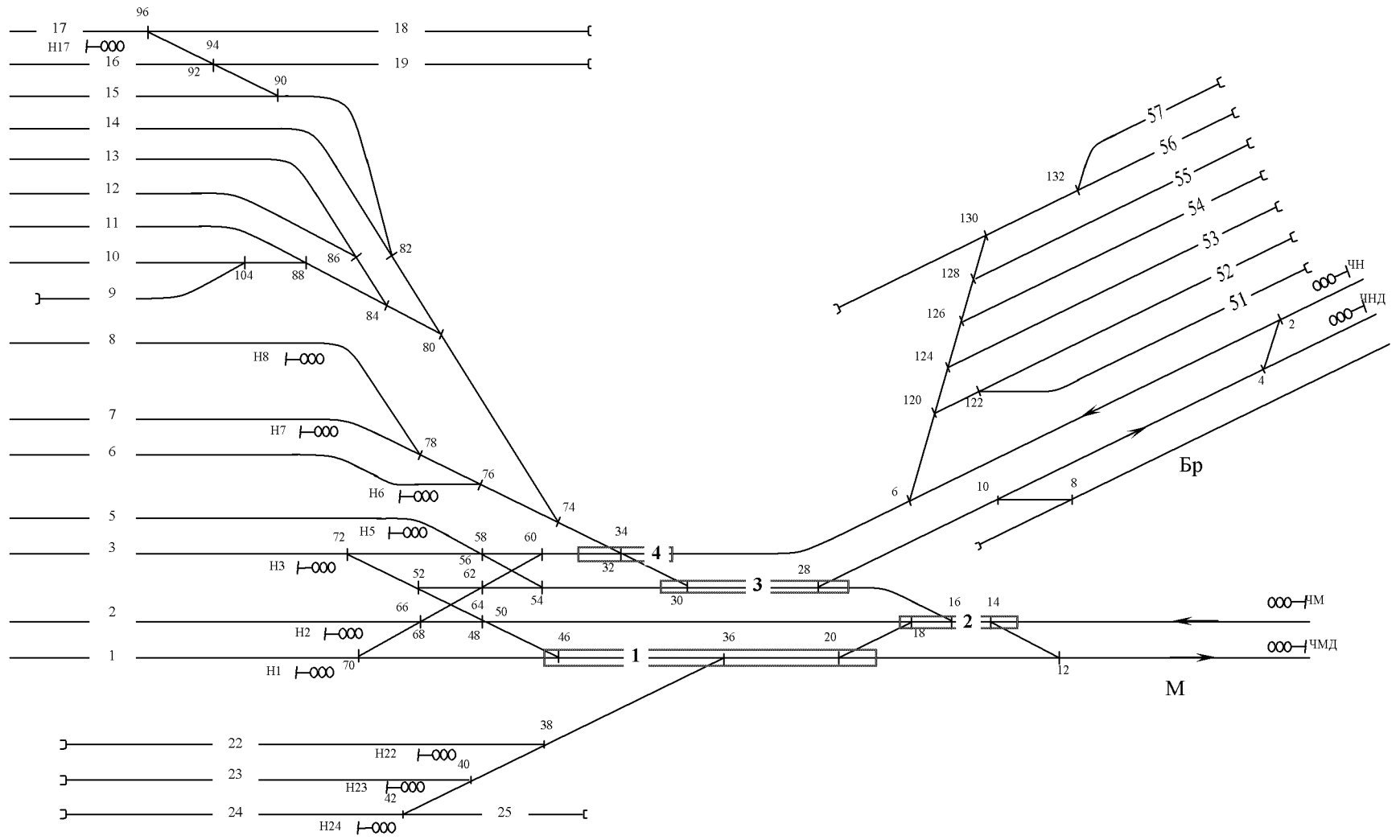


Рисунок 3.4

Решение. Так как станция МП имеет сложную конструкцию горловин с интенсивными передвижениями, связанными с поездной и маневровой работой, для оценки их пропускной способности целесообразно воспользоваться аналитическим методом расчета по коэффициенту использования.

Предварительно в горловинах выделяются расчетные стрелочные элементы с интенсивной загрузкой. В нечетной горловине (см. рисунок 3.3) их восемь: 1-я – 49, 41/43; 2-я – 33/35, 71/73; 3-я – 39, 51/53; 4-я – 67/69, 37; 5-я – 101, 107; 6-я – 3, 11; 7-я – 19, 23; 8-я – 17, 21. В четной горловине (см. рисунок 3.4) их четыре: 1-я – 46, 36, 20; 2-я – 18, 16, 14; 3-я – 30, 28; 4-я – 32/34.

Используя масштабный план и технологический процесс работы станции, в соответствии с настоящими методическими рекомендациями и технологическими нормами на выполнение маневровой работы [17], производят расчет продолжительности занятия расчетных элементов поездными и маневровыми передвижениями (см. пример 3.1) и составляют сводные таблицы передвижений для каждой горловины (таблицы 3.11, 3.12).

Т а б л и ц а 3.11

Операции	Номера стрелок, участвующих в маршруте	Продолжительность занятия маршрута одной операцией t_{ip} , мин	Число операций на маршруте N_{ip}	Продолжительность занятия маршрута операциями, мин	Номер элемента, в который входят стрелки на маршруте
<i>Прием пассажирских и пригородных поездов с направления Б</i>					
На 1–3-й пути	3, 11, 39, 51, 53	6,4	2	12,8	3, 6
" 5–7-й "	3, 11, 39, 41, 43, 45, 47, 87	6,4	2	12,8	1, 3, 6
<i>Отправление пассажирских и пригородных поездов на направление Б</i>					
С 1–3-го пути	1, 3, 11, 39, 51, 53	4,7	3	14,1	3, 6
" 5–7-го "	1, 3, 11, 39, 41, 43, 45, 47, 87	4,7	6	28,2	1, 3, 6
<i>Прием пассажирских и пригородных поездов с направления О</i>					
На 1, 2-й пути	19, 23, 31, 49, 51, 53	4,7	2	9,4	1, 3, 7
" 3, 5, 7-й "	19, 23, 31, 49, 41, 43, 45, 47	4,7	4	18,8	3, 7
" 8-й "	19, 23, 31, 33, 35, 37, 85	4,7	6	28,2	2, 4, 7
<i>Отправление пассажирских и пригородных поездов на направление О</i>					
С 1–3, 5–7-го пути	17, 21, 25, 27, 33, 35, 71, 73	4,5	6	27	2, 8
" 8-го "	17, 21, 25, 27, 33, 35, 37, 85	4,5	2	9	2, 4, 8

Продолжение таблицы 3.11

Операции	Номера стрелок, участвующих в маршруте	Продолжительность занятия маршрута одной операцией τ_{op} , мин	Число операций на маршруте N_{op}	Продолжительность занятия маршрута операциями, мин	Номер элемента, в который входят стрелки на маршруте
Перестановка составов пассажирских поездов из технического парка за стрелочный перевод 101	111, 107, 101	2,8	3	8,4	5
<i>Перестановка составов пассажирских поездов от стрелочного перевода 101</i>					
На 1–3, 5-го пути	101, 143, 69, 67, 71, 73	2,6	1	2,6	2, 4, 5
" 6–8-й "	101, 143, 69, 67, 37, 85	2,6	2	5,2	4, 5
Перестановка составов пассажирских поездов в технический парк от стрелочного перевода 101	111, 107, 101	3,3	1	3,3	5
Перестановка составов пассажирских поездов за стрелочный перевод 101 с 6–8-го путей	101, 143, 69, 67, 37, 85	2,8	1	2,8	4,5
<i>Подача поездных локомотивов под пассажирские поезда</i>					
Из депо ст. МП (электровозы) на 1–3, 5-й пути, четную горловину	99, 67, 69, 71, 73, 45, 47	1,3	6	7,8	2, 4
Из 37 тупика (тепловозы) за стрелочный перевод 101	133, 129, 113, 111, 107, 101	5,8	2	11,6	5
От стрелочного перевода 101 на 1–3, 5-й пути, четную горловину	101, 143, 69, 67, 71, 73	3,8	2	7,6	2, 4, 5
Из депо ст. МС (электровозы, тепловозы) за стр. 17 (М9, НОД)	17, 21	4,5	4	18	8
Из-за стр. 17 (М9, НОД):					
на 1, 2-й пути	17, 19, 23, 31, 49, 51, 53	4,6	1	4,6	1, 3, 7, 8
" 3, 5, 7-й "	17, 19, 23, 31, 49, 41, 43	4,6	2	9,2	1, 7, 8
на 17-й путь, четную горловину	17, 21, 25, 27, 29, 101	4,6	1	4,6	5, 8

Продолжение таблицы 3.11

Операции	Номера стрелок, участвующих в маршруте	Продолжительность занятия маршрута одной операцией $t_{\text{пр}}$, мин	Число операций на маршруте $N_{\text{пр}}$	Продолжительность занятия маршрута операциями, мин	Номер элемента, в который входят стрелки на маршруте
<i>Уборка поездных локомотивов от пассажирских поездов</i>					
В депо ст. МП (электровозы):					
с 1–3, 5-го путей, четной горловины	99, 67, 69, 71, 73	1,3	7	9,1	2, 4
с 6, 7-го путей	99, 67, 69, 37, 85, 89, 91	1,3	1	1,3	4
в 37-й тупик (тепловозы) от стрелочного перевода 101	133, 129, 113, 111, 107, 101	1,7	5	8,5	5
Уборка прицепных вагонов: в технический парк от стрелочного перевода 101	101, 107, 111	3,3	2	6,6	5
за стрелочный перевод 101 с 1–3, 5-го путей	101, 143, 69, 67, 71, 73	2,8	1	2,8	2, 4, 5
за стрелочный перевод 101 с 6–8-го путей	101, 143, 69, 67, 37, 85	2,8	1	2,8	4, 5
Подача прицепных вагонов на пути из технического парка: за стрелочный перевод 101	111, 107, 101	2,8	6	16,8	5
от стрелочного перевода 101 на 1–3, 5-й пути	101, 143, 69, 67, 71, 73	2,6	2	5,2	2, 4, 5
от стрелочного перевода 101 на 6–8 пути	101, 143, 69, 67, 37, 85	2,6	4	10,4	4, 5
<i>Заезд маневрового локомотива за составами и прицепными вагонами от стрелочного перевода 101</i>					
На 1–3, 5-й пути	101, 143, 69, 67, 71, 73	2,3	2	4,6	2, 4, 5
" 6–8-й "	101, 143, 69, 67, 37, 85	2,3	2	4,6	4, 5
На 17-й путь, в технический парк	101, 107, 111	2,8	6	16,8	5

Окончание таблицы 3.11

Операции	Номера стрелок, участвующих в маршруте	Продолжительность занятия маршрута одной операцией τ_{op} , мин	Число операций на маршруте N_{op}	Продолжительность занятия маршрута операциями, мин	Номер элемента, в который входят стрелки на маршруте
<i>Выезд маневрового локомотива после выставления составов и прицепки вагонов за стрелочный перевод 101</i>					
С 1–3, 5-го путей	101, 143, 69, 67, 73	2,3	3	6,9	2, 4, 5
" 6–8-го "	101, 143, 69, 67, 37, 85	2,3	6	13,8	4, 5
С 17-го пути, из технического парка	101, 107, 111	2,8	3	8,4	5
Выполнение маневровой работы в техническом парке с занятием стрелочного перевода 101	101, 107, 111	2,8	16	44,8	5

Т а б л и ц а 3.12

Операции	Номера стрелок, участвующих в маршруте	Продолжительность занятия маршрута одной операцией τ_{op} , мин	Число операций на маршруте N_{op}	Продолжительность занятия маршрута операциями, мин	Номер элемента, в который входят стрелки на маршруте
<i>Прием пассажирских и пригородных поездов с направления М</i>					
На 1–3-й пути	14, 16, 18, 48, 50	4,7	3	14,1	2
" 5-й путь	14, 16, 28, 30, 54, 56, 58	4,7	2	9,4	2, 3
" 22–24-й пути	14, 16, 18, 20, 36	4,7	9	42,3	1, 2
<i>Отправление пассажирских и пригородных поездов на направление М</i>					
С 1–3, 22–24-го путей	12, 20, 36	3,3	4	13,2	1
С 5-го пути	12, 14, 16, 28, 30, 54, 56, 58	3,3	2	6,6	2, 3
С 6–8-го, 17-го путей	12, 14, 16, 28, 30, 32, 34, 74	3,3	2	6,6	2, 3, 4
Прием пассажирских и пригородных поездов с направления Бр на 1–3-й, 5–8-й, 17-й пути	2, 6, 32, 34	7,8	9	70,2	4

Продолжение таблицы 3.12

Операции	Номера стрелок, участвующих в маршруте	Продолжительность занятия маршрута одной операцией τ_{op} , мин	Число операций на маршруте N_{op}	Продолжительность занятия маршрута операциями, мин	Номер элемента, в который входят стрелки на маршруте
<i>Отправление пассажирских и пригородных поездов на направления Бр</i>					
С 1–3, 5-го путей	4, 10, 28, 30, 54	4,2	5	21	3
" 6–8, 17-го "	4, 10, 28, 30, 32, 34, 74	4,2	1	4,2	3, 4
Перестановка составов пассажирских поездов: из технического парка за стр. 32	32, 34, 74, 80	2,8	1	2,8	4
от стр. 32 на 1–3, 5–8, 17-й пути	32, 74, 76	2,6	1	2,6	4
из технического парка за стр. 14	14, 16, 28, 30, 32, 34, 74, 80	2,8	1	2,8	2, 3, 4
из-за стр.14 на 22–24-й пути	14, 16, 18, 20, 36	2,6	1	2,6	1, 2
в технический парк от стр. 32	32, 34, 74, 80	3,3	1	3,3	4
Перестановка составов пассажирских поездов за стр. 32 с 1–3, 5–8, 17-го путей	32, 74, 76	2,8	1	2,8	4
Уборка составов пассажирских поездов в парк отстоя с 1–3, 5–8, 17-го путей	6, 32, 34	5,7	1	5,7	4
<i>Подача поездных локомотивов под пассажирские поезда из нечетной горловины</i>					
Из депо МП за стр. 32	56, 58, 60, 34, 32	1,6	3	4,8	4
Из МС, тулика 37 за стр. 32	104, 88, 84, 80, 74, 34, 32	1,9	1	1,9	4
Подача поездных локомотивов под пассажирские поезда из-за стр. 32 на 1–3, 5–8, 17-й пути	32, 74, 76	1,2	2	2,4	4

Продолжение таблицы 3.12

Операции	Номера стрелок, участвующих в маршруте	Продолжительность занятия маршрута одной операцией $t_{р, мин}$	Число операций на маршруте $N_{р}$	Продолжительность занятия маршрута операциями, мин	Номер элемента, в который входят стрелки на маршруте
<i>Уборка поездных локомотивов от пассажирских поездов в нечетную горловину</i>					
От стр. 32 в депо МП	56, 58, 60, 34, 32	1,8	3	5,4	4
От стр. 32 в депо МС, тушик 37	104, 88, 84, 80, 74, 34, 32	2,1	2	4,2	4
Уборка поездных локомотивов от пассажирских поездов за стр. 32 с 1–3, 5–8, 17-го путей	32, 74, 76	0,9	5	4,5	4
Уборка прицепных вагонов: в технический парк от стр. 32	32, 34, 74, 80	3,3	1	3,3	4
за стр. 32 с 1–3, 5–8, 17-го путей	32, 34	2,8	1	2,8	4
Заезд маневрового локомотива за составами и прицепными вагонами от стр. 32 на 1–3, 5–8, 17-й пути, в технический парк	32, 34	2,8	3	8,4	4
Выезд маневрового локомотива после выставления составов и прицепных вагонов за стр. 32 с 1–3, 5–8, 17-го путей, из технического парка	32, 34	2,3	2	4,6	4
Выезд маневрового локомотива от стр. 14 за стр. 32	32, 34, 30, 28, 16, 14	2,4	1	2,4	2, 4
Выезд маневрового локомотива после выставления составов и прицепных вагонов за стр. 14 с 22–24-го путей	14, 16, 18, 20, 36	2,3	1	2,3	1, 2

Окончание таблицы 3.12

Операции	Номера стрелок, участвующих в маршруте	Продолжительность занятия маршрута одной операцией τ_p , мин	Число операций на маршруте N_{op}	Продолжительность занятия маршрута операциями, мин	Номер элемента, в который входят стрелки на маршруте
<i>Уборка пригородных поездов в депо</i>					
С 1–3, 22–24-го путей	12, 20, 36, 46, 48, 50, 66, 68	3,3	7	23,1	1
" 6–8-го "	12, 14, 16, 28, 30, 32, 34, 74, 76	3,3	2	6,6	2, 3, 4
Подача пригородных поездов из депо на 1–3-й пути	14, 16, 18, 48, 50	4,7	1	4,7	2
Выполнение маневровой работы в техническом парке с занятием стр. 32	32, 34	2,8	6	16,8	4
Выполнение маневровой работы в парке отстоя с занятием стр. 32	32, 34	2,7	11	29,7	4

Учитывая, что на станции МП отсутствует грузовое движение, в сводных и последующих таблицах 3.11–3.14 графа «Продолжительность занятия элементов постоянными операциями ($T_{пост.}$)» исключается и определяется по формуле (3.16) только продолжительность занятия каждого элемента в течение расчетного периода операциями, зависящими от размеров движения ($T_{3,i}$), путем суммирования предпоследней графы сводных таблиц для каждого элемента. Результаты расчетов заносятся соответственно в таблицы 3.13 и 3.14.

В связи с этим упрощается формула 3.17 и будет иметь вид

$$K_{3,i} = T_{3,i} (1 + q) / T_p < 1. \quad (3.21)$$

Соответственно упрощается расчетная формула для определения коэффициента использования горловины (формула 3.18):

$$K_r = i^{\max} [K_{3,i} + ((\varphi_r t_{вр,i}^r) / T_p)]. \quad (3.22)$$

Так как в каждой из горловин станции могут быть выполнены четыре и более параллельных маршрута, коэффициент φ_r принимается равным 0,5. Продолжительность перерывов в использовании наиболее загруженного элемента горловин из-за враждебности маршрутов по другим элементам определяется по формуле 3.19, при $\varphi_r = 0,9$.

Результаты расчетов $K_{3,i}$ и K_r заносятся в таблицы 3.13, 3.14.

Т а б л и ц а 3.13

№ элемента	Продолжительность занятия изменяющимися операциями T_3 , мин	Нечетная горловина	
		$K_{3,i}$	K_T
1	64,2	0,229	0,843
2	110,8	0,526	
3	100,7	0,420	
4	124,7	0,584	
5	199,2	0,750	
6	67,9	0,283	
7	70,2	0,293	
8	54,4	0,355	

Т а б л и ц а 3.14

№ элемента	Продолжительность занятия изменяющимися операциями T_3 , мин	Четная горловина	
		$K_{3,i}$	K_T
1	83,5	0,348	0,842
2	100,4	0,418	
3	57,2	0,238	
4	198,8	0,837	

Из таблиц 3.13, 3.14 видно, что в нечетной горловине расчетным является 5-й элемент, для которого $K_T = 0,843$, в четной – соответственно элемент 4 с $K_T = 0,842$. Тогда пропускная способность нечетной горловины составит $N^{\text{неч}} = 33/0,843 = 39$ поездов, четной – $N^{\text{чет}} = 37/0,842 = 44$ поездов (см. формулу 3.1).

Результаты расчетов показывают высокий уровень загрузки горловин станции МП и небольшой резерв их пропускной способности в период наиболее интенсивного движения поездов.

3.2 Расчет пропускной способности станционных путей

Пропускная способность рассчитывается для железнодорожных станций, имеющих парк или группы путей, предназначенные для обслуживания поездов и составов различных категорий (транзитных, приема, отправления, приемо-отправочных, перронных, технических и др.).

Наличная пропускная способность парков (групп путей) станций, на которых обслуживаются грузовые поезда и отсутствует или в небольшом количестве осуществляется пассажирское движение, определяется методом непосредственного расчета по формуле

$$N_{\text{по}} = \frac{1440m - \sum T_{\text{пост}}}{\bar{t}_{\text{зан}}}, \quad (3.23)$$

где m – число приемо-отправочных путей без учета ходовых и главных;
 $\sum T_{\text{пост}}$ – суммарное время перерывов в использовании путей, включающее дополнительные затраты времени, связанные с пропуском пассажирских поездов, выполнением операций с местными вагонами, текущим содержанием и ремонтом путей, контактной сети, снегоуборки и др. (таблица 3.15);

$\bar{t}_{\text{зан}}$ – среднее взвешенное время занятия пути одним поездом, мин,

$$\bar{t}_{\text{зан}} = \sum_{j=1}^n \bar{t}_{\text{зан},j} \bar{b}_j; \quad (3.24)$$

$\bar{t}_{\text{зан},j}$ – время занятия пути поездом j -й категории;

\bar{b}_j – доля поездов j -й категории, поступающих в парк.

Время занятия пути:

- транзитным поездом –

$$t_{\text{зан}}^{\text{тр}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{техн}} + t_{\text{от}}; \quad (3.25)$$

- поездом, поступающим в переработку, –

$$t_{\text{зан}}^{\text{рф}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{техн}} + t_{\text{уб}}; \quad (3.26)$$

- поездом своего формирования, –

$$t_{\text{зан}}^{\text{сф}} = t_{\text{выст}} + t_{\text{техн}} + t_{\text{от}}, \quad (3.27)$$

где $t_{\text{пр}}$ – время занятия пути приемом поезда;

$t_{\text{техн}}$ – время занятия пути, выполнением операции с поездом, принимается из технологического процесса;

$t_{\text{от}}$ – время занятия пути отправлением поезда;

$t_{\text{уб}}$ – время занятия пути уборкой состава поезда для расформирования;

$t_{\text{выст}}$ – время занятия пути выставкой сформированного состава поезда для отправления.

Продолжительность операций $t_{\text{уб}}$, $t_{\text{выст}}$ устанавливается по техническим нормам на маневровую работу [17].

Пропускная способность парков станций с интенсивным грузовым и пассажирским движением, где заметно влияние на пропускную способность таких факторов, как неравномерность движения, отказы технических устройств, пропуск пассажирских и других категорий поездов и т.п., определяется по коэффициенту использования:

$$N = \frac{N_{jp}}{k_{\text{п}}}, \quad (3.28)$$

где N_{jp} – число поездов категорий j с подхода p , обрабатываемых в приемо-отправочном парке;

$k_{\text{п}}$ – коэффициент использования имеющихся мощностей путей,

Таблица 3.15

Примыкающие линии	Парки	Время выполнения, мин		
		текущего обслуживания в среднем в сутки за месяц	плановых видов ремонта в среднем в сутки за летний период	снегоуборки и борьбы с гололедом на станции в среднем в сутки за зимний период
Не электрифицированные	Приемные и отправочные	25	5	25
	Сортировочные	30	5	35
	Экипировочные пассажирских станций	30	5	35
Электрифицированные	Приемные и отправочные	30	75	25
	Сортировочные	30	5	35

$$k_{\pi} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^s N_{jp} t_{jp} (I + \beta_{\pi})}{1440 m \beta_{\pi} B - \sum T_{\text{пост}}}, \quad (3.29)$$

где t_{jp} – время занятия пути поездом j -й категории, поступившего для обслуживания с p -й линии, (транзитный без переработки, с переработкой, участковые, своего формирования, сборные и вывозные, угловые передачи и др.);

β_{π} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние колебаний потоков, отказов технических устройств, взаимовлияние смежных устройств и других объективных факторов. Для приемо-отправочных путей узловых станций двухпутных линий $\beta_{\pi} = 0,2$, узловых станций однопутных линий – $0,3$, узловых станций – $0,4$, путей приема сортировочных станций – $0,3$, отправочных парков сортировочных станций – $0,4$;

α_{π} – коэффициент, учитывающий влияние движения пассажирских и сборных поездов на пропускную способность путей для случаев, когда эти поезда проходят по одним и тем же главным путям в пределах ближайших к рассматриваемой станции двух-трех перегонов. Для средних условий узловых станций $\alpha_{\pi} = 0,75 \dots 0,90$, для узловых – $0,50-0,65$;

β – коэффициент равный $1,0$ при расчете приемо-отправочных парков для транзитных поездов без переработки. Для парков приема (отправления) сортировочных станций при наличии двух двухпутных подходов (выходов), оборудованных автоблокировкой $\beta = 1,08$, при двух однопутных подходах, оборудованных полуавтоблокировкой, $\beta = 1,03$.

Пример 3.3. Определить наличную пропускную способность парка приема четной сортировочной системы станции Г, имеющего 6 путей (рисунок 3.5).

В парк для расформирования принимаются средним в сутки 15 грузовых поездов из Ж и К, 3 внутриузловых передачи и 2 угловых передачи с нечетной сортировочной системы. Продолжительность обработки поездов по прибытию в соответствии с технологическим процессом составляет: грузового – 102, узловой передачи – 40, угловой передачи – 62 мин.

Продолжительность занятия путей выполнением операций приема поездов и уборкой составов на вытяжной путь (2 т) приведена в таблице 3.16.

Наряду с этим, в парк приема выставляются группы вагонов для последующего расформирования на горке с подъездных путей, примыкающих к четной сортировочной системе. В соответствии с данными хронометражных наблюдений с учетом времени на уборку групп вагонов, обработку и их вытягиванием на вытяжной путь суммарная продолжительность занятия путей составляет 409 мин.

Т а б л и ц а 3.16

Наименование операций	Продолжительность одной операции, мин	Количество операций n
1 Прием четных грузовых поездов из Ж в парк приема	4,0	8
2 Прием четных узловых передач из Ж в парк приема	2,0	2
3 Прием четных грузовых поездов из К в парк приема	4,0	7
4 Прием четных узловых передач из К в парк приема	2,0	1
5 Вытягивание состава поезда с путей парка приема на вытяжной путь 2 т	12,2	15
6 Вытягивание составов на вытяжной путь 2 т для расформирования с горки:		
а) четных узловых передач	4,7	3
б) угловых передач с нечетной системы	7,6	2
7 Прием нечетных угловых передач в парк приема по 20-му пути	3,2	2

Р е ш е н и е. Пропускную способность парка приема, обслуживающего только поезда, поступающие в переработку, определяем по формуле (3.23):

$$N_{\text{по}} = \frac{1440m - \sum T_{\text{пост}}}{\bar{t}_{\text{зан}}}$$

$T_{\text{пост}}$ в формуле (3.23) состоит из времени занятия путей парка операциями, выполняемыми с местными вагонами ($\sum T_{\text{пост,м}}$), и на текущее содержание, ремонт путей, контактной сети, снегоуборку и т.д. ($\sum T_{\text{пост,с}}$):

$$\sum T_{\text{пост}} = \sum T_{\text{пост,м}} + \sum T_{\text{пост,с}} ; \sum T_{\text{пост,с}} = mt_{\text{пост,с}},$$

где $t_{\text{пост,с}}$ – время занятия одного пути выполнением работ по текущему содержанию, плановому ремонту пути в летний период (8 месяцев), по уборке снега в зимний период (4 месяца).

В соответствии с данными таблицы 3.15

$$t_{\text{пост,с}} = 25 + (8/12) \cdot 5 + (4/12) \cdot 25 = 36 \text{ мин.}$$

Тогда

$$\sum T_{\text{пост,с}} = 6 \cdot 36 = 220 \text{ мин; } \sum T_{\text{пост}} = 409 + 220 = 629 \text{ мин.}$$

Средневзвешенное время занятия пути одним поездом [формула (3.24)]

$$\bar{t}_{\text{зан}} = t_{\text{зан}}^{\text{гр}} \alpha_{\text{гр}} + t_{\text{зан}}^{\text{узл}} \alpha_{\text{узл}} + t_{\text{зан}}^{\text{угл}} \alpha_{\text{угл}},$$

где $t_{\text{зан}}^{\text{гр}}, t_{\text{зан}}^{\text{узл}}, t_{\text{зан}}^{\text{угл}}$ – время занятия пути парка соответственно грузовым поездом, узловой и угловой передачами;

$\alpha_{\text{гр}}, \alpha_{\text{узл}}, \alpha_{\text{угл}}$ – соответственно доля грузовых поездов, узловых и угловых поездов, поступающих в парк приема для расформирования.

По формуле (3.26) с учетом данных таблицы 3.16 получим

$$t_{\text{зан}}^{\text{гр}} = 4,0 + 102 + 12,2 = 118,2 \text{ мин;}$$

$$t_{\text{зан}}^{\text{узл}} = 2,0 + 40 + 4,7 = 46,7 \text{ мин;}$$

$$t_{\text{зан}}^{\text{угл}} = 3,2 + 62 + 7,6 = 72,8 \text{ мин.}$$

Доля поездов соответствующей категории

$$\alpha_i = \frac{N_i}{\sum N_i},$$

где N_i – количество поездов i -й категории;

$\sum N_i$ – общее число поездов, поступающих в парк.

Тогда

$$\alpha_{\text{гр}} = 15/20 = 0,75; \alpha_{\text{узл}} = 3/20 = 0,15; \alpha_{\text{угл}} = 2/20 = 0,10;$$

$$\bar{t}_{\text{зан}} = 118,2 \cdot 0,75 + 46,7 \cdot 0,15 + 72,8 \cdot 0,1 \approx 103 \text{ мин.}$$

Наличная пропускная способность парка приема

$$N_{\text{по}} = \frac{1440 \cdot 6 - 629}{103} \approx 78 \text{ поездов}$$

Уровень использования путей парка

$$\Gamma = \frac{\sum N_i}{N_{\text{по}}} = \frac{20}{78} = 0,26.$$

3.3 Пропускная способность пассажирских устройств

Наличная пропускная способность пассажирских устройств определяется наиболее вероятным числом пассажирских поездов, составов или пассажиров, которое может быть обслужено станцией за сутки или в часы интенсивного движения на примыкающих к станции направлениях.

Пропускная способность рассчитывается для тех элементов пассажирских устройств, которые могут ограничивать пропускную способность в целом пассажирской станции. К ним относятся: перронные пути, пути, предназначенные для обработки пассажирских составов (технические пути), пассажирские платформы, экипировочные устройства (вагономоечные установки, экипировочные депо, специализированные экипировочные пути и др.).

Пропускная способность перронных и технических путей пассажирской станции, а также **стрелочных горловин** может быть определена с использованием методик, изложенных в подразд. 3.1 и 3.2 настоящего пособия.

Пропускная способность платформ пассажирской станции в поездах определяется суммированием пропускной способности отдельных пассажирских платформ, которая рассчитывается по формуле

$$N_{\text{пл}} = \frac{T_p P_{\text{пер}i}^{\text{пл}} - \sum t_{\text{пост}i}}{t_{\text{пер}}^{\text{зан}} (1 + t_b \Gamma_{\text{п}}) (1 + \mathbf{B}_T)}, \quad (3.30)$$

где T_p – расчётный период, за который определяется пропускная способность, мин;

$P_{\text{пер}i}^{\text{пл}}$ – число перронных путей, которые обслуживает платформа;

$\sum t_{\text{пост}i}$ – суммарное время, в течение которого каждая пассажирская платформа не может быть использована за рассматриваемый период для обслуживания пассажиров из-за пропуска по перронным путям поездов других категорий, поездных локомотивов, маневровых передвижений, выполнения ремонтных, уборочных и других работ. Определяется хронометражным путём с учётом графика движения поездов других категорий по станции;

$t_{\text{пер}}^{\text{зан}}$ – средневзвешенная продолжительность занятия перронного пути обслуживанием одного пассажирского (пригородного) поезда, принимается по технологическому процессу работы станции, мин;

t_b – число нормированных отклонений, принимаемых в зависимости от уровня доверительной вероятности p . Для практических целей достаточно $p = 0,95 \dots 0,97$. По таблице Лапласа при $p = 0,95$ $t_b = 1,65$, а при $p = 0,97$ $t_b = 1,88$;

$\gamma_{\text{п}}$ – коэффициент вариации занятия перронного пути поездом, для средних условий $\gamma_{\text{п}} = 0,3$;

$\beta_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий отказы технических устройств, $\beta_{\text{т}} = 0,01$.

Средневзвешенная продолжительность занятия перронного пути одним поездом за период $T_{\text{п}}$

$$t_{\text{пер}}^{\text{зан}} = \left(\sum_{i=1}^n \beta_i^{\text{пр}} t_{\text{зан}i}^{\text{пр}} + \sum_{i=1}^n \beta_i^{\text{от}} t_{\text{зан}i}^{\text{от}} + \beta_{\text{тр}} t_{\text{зан}}^{\text{тр}} \right) (1 - \varphi_{\text{с}}), \quad (3.31)$$

где $\beta_i^{\text{пр}}$, $\beta_i^{\text{от}}$ – доля поездов i -й категории, прибывающих и отправляющихся с перронного пути;

$t_{\text{зан}i}^{\text{пр}}$, $t_{\text{зан}i}^{\text{от}}$ – время занятия пути одним поездом i -й категории выполнением операций по прибытию или отправлению;

$\beta_{\text{тр}}$ – доля транзитных пассажирских поездов, обслуживаемых перронным путём;

$t_{\text{зан}}^{\text{тр}}$ – продолжительность занятия пути обслуживанием транзитного поезда.

Время занятия пути одним поездом определяется с использованием рекомендаций, изложенных в подразд. 3.2.

Коэффициент, учитывающий совмещение операций по обслуживанию пассажирских, пригородных поездов на секционированных перронных путях,

$$\varphi_{\text{с}} = \frac{D_{\text{с}}}{t_{\text{пер}}^{\text{зан}}}, \quad (3.32)$$

где $D_{\text{с}}$ – продолжительность совмещения операций по прибытию и отправлению на секционированных перронных путях, приходящаяся на один обслуживаемый пассажирский или пригородный поезд

$$D_{\text{с}} = \frac{\sum t_{\text{с}}}{N}; \quad (3.33)$$

$\sum t_{\text{с}}$ – суммарная продолжительность совмещения операций по обслуживанию пассажирских (пригородных) поездов за период $T_{\text{п}}$;

N – количество пассажирских, пригородных поездов, обслуживаемых секционированными перронными путями, в течение периода $T_{\text{п}}$.

Суммарная пропускная способность пассажирских платформ станции в целом

$$N_{\text{ст}} = \sum N_{\text{плат}i}. \quad (3.34)$$

Пример 3.4. Определить пропускную способность пассажирской станции сквозного типа, представленной на рисунке 3.6, в поездах за расчетный период $T_p = 180$ мин. Для обслуживания пассажирских поездов всех категорий станция имеет пять перронных путей и три пассажирские платформы. У основной пассажирской платформы расположен один перронный путь 3, у двух островных – по два пути (соответственно I, 5 и II, 4). Между I и II главными путями уложен ходовой путь 6 для пропуска поездных и маневровых локомотивов и составов.

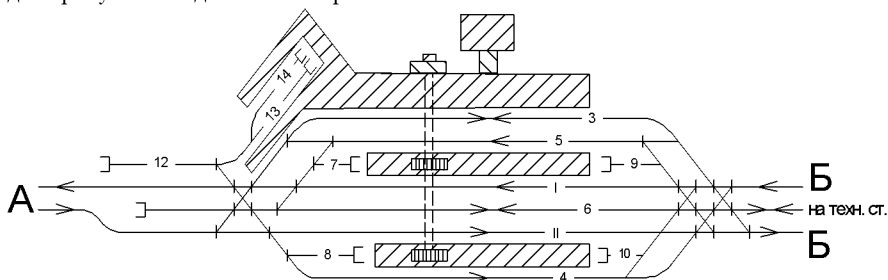


Рисунок 3.6

Станция обслуживает конечные и транзитные пассажирские поезда, а также пригородные дизель-поезда ДР1. Доля поездов различных категорий, прибывающих и отправляющихся со станции, время занятия перронного пути обслуживанием одного поезда по технологическому процессу приведены в таблице 3.17.

Т а б л и ц а 3.17

Категория поезда	Доля поездов	Время занятия пути одним поездом, мин
Конечные пассажирские поезда:		
прибытие	0,15	25
отправление	0,15	40
Транзитные поезда	0,30	20
Пригородные дизель-поезда:		
прибытие	0,20	15
отправление	0,20	20

Коэффициент вариации времени занятия перронного пути пассажирским поездом по графику движения составляет $\gamma_n = 0,3$.

Р е ш е н и е. Пропускную способность платформ пассажирской станции в поездах рассчитывают по формуле (3.30).

Суммарное время, в течение которого каждая пассажирская платформа не может быть использована за рассматриваемый период для обслуживания пассажиров из-за пропуска по перронным путям поездов других категорий, поездных локомотивов, маневровых передвижений, выполнения ремонтных, уборочных и других работ, принимают $\sum t_{\text{пост}} = 10$ мин.

Число нормированных отклонений t_{β} принимают в зависимости от уровня доверительной вероятности p . Для практических целей достаточно $p = 0,95 \dots 0,97$. По таблице Лапласа при $p = 0,95$ $t_{\beta} = 1,65$, а при $p = 0,97$ $t_{\beta} = 1,88$.

Коэффициент, учитывающий отказы технических устройств, $t_{\beta} = 0,01$.

Средневзвешенную продолжительность занятия перронного пути одним поездом за период T_p определяют по формуле (3.31).

При обесличенной специализации путей для приема, отправления и обслуживания поездов различной категории

$$t_{\text{пер}}^{\text{зан}} = 0,15 \cdot 25 + 0,15 \cdot 40 + 0,30 \cdot 20 + 0,20 \cdot 15 + 0,20 \cdot 20 = 22,75 \text{ мин.}$$

Тогда пропускная способность платформ при $t_{\beta} = 1,65$ составит:

- основной –

$$N_{\text{пл}}^{\text{осн}} = \frac{180 - 10}{22,75(1 + 1,65 \cdot 0,3)(1 + 0,01)} \approx 5 \text{ поездов ;}$$

- каждой островной –

$$N_{\text{пл}}^{\text{остр}} = \frac{180 \cdot 2 - 10}{22,75(1 + 1,65 \cdot 0,3)(1 + 0,01)} \approx 10 \text{ поездов .}$$

Суммарная пропускная способность пассажирской станции за рассматриваемый период

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{пл}}^{\text{осн}} + \sum N_{\text{пл}}^{\text{остр}} = 5 + 2 \cdot 10 = 25 \text{ поездов .}$$

Число пассажиров, обслуживаемых станцией в течение расчётного периода,

$$A_{\text{ст}} = N_{\text{ст}} \sum \bar{a}_{\text{пас}}, \quad (3.35)$$

где $N_{\text{ст}}$ – количество пассажирских поездов, обслуживаемых станцией;

$\bar{a}_{\text{пас}}$ – средневзвешенное число пассажиров, перевозимых одним поездом,

$$\bar{a}_{\text{пас}} = \sum N_i z_i \beta_i, \quad (3.36)$$

где N_i – вместимость пассажирского поезда i -й категории;

z_i – коэффициент, учитывающий заполнение пассажирами поезда i -й категории по прибытию и отправлению;

β_i – доля поездов i -й категории, осуществляющих перевозки данной станции.

Пример 3.5. Для условий примера 3.4 определить количество пассажиров, которое может обслужить станция, если вместимость конечных пассажирских поездов $a_{\text{к}} = 817$ чел., транзитных – $a_{\text{тр}} = 698$ чел. и пригородных дизель-поездов – $a_{\text{пр}} = 1008$ чел. Доля заполнения поездов пассажирами данной станции соответственно составляет $\eta_{\text{к}} = 0,7$, $\eta_{\text{тр}} = 0,2$, $\eta_{\text{пр}} = 0,8$.

Р е ш е н и е. Число пассажиров, обслуживаемых станцией в течение расчетного периода, определяют по формулам (3.35) и (3.36).

Учитывая, что по условию примера доля поездов и уровень заполнения состава пассажирами по прибытию и отправлению одинаков, среднее число пассажиров, перевозимых одним поездом (вышедших и зашедших), составит

$$\bar{a}_{\text{пас}} = 2(817 \cdot 0,15 \cdot 0,7 + 698 \cdot 0,3 \cdot 0,2 + 1008 \cdot 0,2 \cdot 0,8) = 578 \text{ чел.}$$

Тогда общее число пассажиров, обслуживаемых станцией за период T_p ,

$$A_{\text{ст}} = 25 \cdot 578 = 14450 \text{ чел.}$$

Пропускная способность технических путей (пути приёма, отправления, экипировки, отстоя пассажирских составов и др.), в составах

$$N_T = \frac{T_p m_T - t_{\text{пост}}^T}{t_{\text{зан}}^T (1 + c)}, \quad (3.37)$$

где m_T – число технических путей, используемых для обслуживания пассажирских составов;

$t_{\text{пост}}^T$ – суммарная продолжительность занятия технических путей выполнением постоянных операций за расчётный период,

$$t_{\text{пост}}^T = \frac{T_p \sum T_{\text{пост}}}{1440}; \quad (3.38)$$

$\sum T_{\text{пост}}$ – продолжительность занятия пути выполнением постоянных операций (текущий ремонт, содержание и другие виды работ, когда путь не может быть использован по прямому назначению);

$t_{\text{зан}}^T$ – средневзвешенное время занятия технического пути одним составом,

$$t_{\text{зан}}^T = \sum_{i=1}^k t_{\text{зан}i}^c \beta_i^c; \quad (3.39)$$

$t_{\text{зан}i}^c$ – продолжительность занятия технического пути составом пассажирского поезда i -й категории;

β_i^c – доля составов пассажирских поездов i -й категории, поступающих на технический путь;

c – коэффициент, учитывающий неравномерность прибытия составов, влияние смежных элементов, отказы технических устройств и др., принимается $c = 0,3$.

Пример 3.6. Определить пропускную способность парка прибытия технической пассажирской станции, состоящего из 6 путей. В парке обслуживаются приписные и оборачивающиеся составы дальних и местных пассажирских поездов. Доля приписных и оборачивающихся составов, поступающих в парк прибытия, и средняя продолжительность занятия пути одним поездом приведены в таблице 3.18. Суммарная продолжительность занятия путей выполнением постоянных операций

(текущий ремонт, содержание и другие виды работ, когда пути не могут быть использованы по прямому назначению) $\sum T_{\text{пост}} = 60$ мин/сут.

Т а б л и ц а 3.18

Категория состава	Доля составов за сутки	Среднее время занятия пути одним составом*, мин
Приписные:		
дальние	0,40	80
местные	0,20	55
Оборачивающиеся:		
дальние	0,30	50
местные	0,10	35
* С учётом затрат времени на переформирование состава.		

Р е ш е н и е. Так как парк прибытия технической станции непосредственно взаимодействует с пассажирской станцией по выводу прибывших приписных и обрачивающихся составов с перронных путей, его пропускную способность необходимо рассматривать за период интенсивного поступления пассажирских поездов. В качестве расчётного в примере принимают период $T_p = 240$ мин.

Продолжительность занятия путей выполнением постоянных операций за расчётный период определяют по формуле (3.38), а средневзвешенное время занятия пути одним составом рассчитывают по формуле (3.39). Коэффициент, учитывающий неравномерность прибытия составов, влияние смежных элементов, отказы технических устройств и др., принимается $\rho = 0,3$.

Используя исходные данные, находим

$$t_{\text{пост}}^T = \frac{240 \cdot 60}{1440} = 10 \text{ мин}; \quad \bar{t}_{\text{зан}}^T = 80 \cdot 0,4 + 55 \cdot 0,20 + 50 \cdot 0,30 + 35 \cdot 0,1 = 61,5 \text{ мин.}$$

Тогда пропускная способность путей парка прибытия по формуле (3.37)

$$N_T = \frac{240 \cdot 6 - 10}{61,5(1 + 0,3)} \approx 18 \text{ составов.}$$

Пропускная способность специализированных устройств (вагономочной установки, экипировочных депо, экипировочных путей, устройств для дезинфекции вагонов) в составах поездов

$$N_{\text{свм}} = \frac{(1440 - T_{\text{пост}}^y) P_c}{\bar{t}_{\text{зан}}^y (1 + c_y)}, \quad (3.40)$$

где $T_{\text{пост}}^y$ – продолжительность занятия устройства выполнением постоянных операций (содержание, текущий ремонт и другие виды работ, не связанные с обслуживанием составов). Принимается по результатам хронометражных наблюдений;

P_c – число одновременно обрабатываемых составов;

- $\bar{t}_{\text{зан}}^y$ – средневзвешенное значение продолжительности обработки одного состава, определяется по формуле (3.31);
- c_y – коэффициент, учитывающий возникновение отказов, принимается $c_y = 0,12 \dots 0,15$.

Пример 3.7. Определить пропускную способность стационарной вагономоечной машины (СВМ), состоящей из одной технологической линии. В течение суток наружной обмывке подлежат приписные составы дальних и местных поездов, а также оборачивающиеся составы пассажирских поездов.

Доля составов различных категорий поездов, обслуживаемых СВМ за сутки, и средняя продолжительность обработки одного состава приведены в таблице 3.19.

Т а б л и ц а 3.19

Категория состава	Количество вагонов в составе	Доля составов	Средняя продолжительность обмывки одного состава
Приписные:			
дальние длинносоставные	24	0,1	72
дальние обычной длины	18	0,4	54
местные	12	0,2	36
Оборачивающиеся:			
дальние	18	0,2	54
местные	12	0,1	36

Продолжительность перерывов в использовании СВМ для проведения планового её технического обслуживания и ремонта, враждебности маршрутов и по другим причинам составляет $T_{\text{пост}}^{\text{СВМ}} = 60$ мин/сутки.

Р е ш е н и е. Коэффициент, учитывающий возникновение отказов СВМ, принимается $\rho_{\text{СВМ}} = 0,12$.

Тогда по формуле (3.39)

$$\bar{t}_{\text{зан}}^{\text{СВМ}} = 72 \cdot 0,1 + 54 \cdot 0,4 + 36 \cdot 0,2 + 54 \cdot 0,2 + 36 \cdot 0,1 = 50,4 \text{ мин.}$$

Пропускная способность СВМ по формуле (3.40)

$$N_{\text{СВМ}} = \frac{1440 - 60}{50,4(1 + 0,12)} = 24 \text{ сост./сут.}$$

4 ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СТАНЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

4.1 Перерабатывающая способность сортировочных горок

Н аличная перерабатывающая способность рассчитывается для сортировочных горок и вытяжных путей.

Перерабатывающая способность сортировочной горки определяется с учетом ее технического оснащения и числа параллельно работающих технологических линий расформирования составов. На величину перерабатывающей способности горки (в сторону ее сокращения) оказывают влияние следующие ф а к т о р ы:

- перерывы в использовании горки для роспуска вагонов из-за враждебности маршрутов других категорий передвижений;
- плановое обслуживание технических устройств, требующее перерывов роспуска составов;
- отказы технических устройств, остановки составов из-за нерасцепа вагонов и другие непредвиденные ситуации в работе горки;
- расформирование групп вагонов, поступающих с мест погрузки-выгрузки, ремонтных путей, вагонного депо и других пунктов;
- несоответствие числа и длины путей сортировочного парка количеству и длине формируемых составов, которое приводит к повторной сортировке вагонов;
- наличие в составах отцепов, запрещенных к роспуску с горки (ЗР).

Перерывы в использовании горки из-за враждебности маршрутов других категорий передвижений (прием и отправление грузовых поездов через выходную горловину парка приема или горочную горловину, пропуск поездных локомотивов и др.) рекомендуется учитывать с помощью коэффициента $\alpha_{гор}$, который принимается равным 0,97, за исключением случаев расположения транзитного парка параллельно парку приема при отсутствии изолированного от горки соединения с локомотивным депо, когда этот коэффициент принимается равным 0,95. При детальном расчете, когда требуется более точный результат, перерывы в использовании горки из-за враждебности маршрутов могут быть отнесены на один расформируемый состав – $t_{вр}^{гор}$. Значение $t_{вр}^{гор}$ может быть получено путем анализа выполненного технологического графика работы горки за определенный период.

Продолжительность планового обслуживания технических устройств (экипировка горочных локомотивов, ежедневный осмотр и ремонт замедлителей и другого горочного оборудования) $t_{\text{техн}}^{\text{гор}}$ определяется исходя из установленных норм времени и принятой технологии выполнения этих работ. В частности, среднее время в сутки, требуемое на технологическое обслуживание замедлителей и другого горочного оборудования, входящее в состав $t_{\text{техн}}^{\text{гор}}$,

$$t_3 = K_3 P, \quad (4.1)$$

где K_3 – коэффициент, учитывающий потери времени на обслуживание и ремонт горочного оборудования в зависимости от числа спускных путей на горке. Принимается 10 и 6 для замедлителей типа НК-114, 8 и 5 – для КНП-5 и других типов соответственно при одном и двух (и более) спускных путях;

P – число пучков в сортировочном парке.

Перерывы в работе горки из-за отказов технических устройств, нерасцепов вагонов и других непредвиденных ситуаций могут быть учтены через коэффициент $c_{\text{гор}}$, который определяется в зависимости от горочного технологического интервала $t_{\text{гор}}$, типа замедлителя и технического оснащения горки из таблицы 4.1 и влияет на продолжительность $t_{\text{гор}}$ в сторону его увеличения.

Съем полезного времени работы горки для переработки вагонопотока, поступающего с линии, происходит из-за необходимости расформирования на горке вагонов углового потока, вагонов, следующих с грузовых фронтов после производства грузовых операций, с ремонтных путей вагонного депо и других пунктов. В общем виде

$$t_{\text{пост}}^{\text{гор}} = \gamma \sum_{i=1}^n n_i^{\text{гор}} t_i^{\text{гор}}, \quad (4.2)$$

где γ – коэффициент, учитывающий кратность переработки на горке вагонов i -й категории;

$n_i^{\text{гор}}$ – число вагонов i -й категории (углового потока, с грузовых фронтов и т.д.), расформировываемых за сутки горкой;

$t_i^{\text{гор}}$ – средняя продолжительность занятия горки расформированием одного вагона i -й категории.

На станциях, где недостаточное число и длина путей сортировочного парка, предназначенных для накопления составов поездов, предусмотренных планом формирования, возникает необходимость в повторной сортировке части вагонов в процессе окончания формирования составов с горки. Потери полезного времени на горке из-за повторной сортировки вагонов

рекомендуется учитывать, используя коэффициент $M_{\text{повт}}^{\text{гор}}$, который определяется из таблицы 4.2.

Т а б л и ц а 4.1

Горочный технологический интервал $t_{\text{гор}}$, мин	Значение $C_{\text{гор}}$ в зависимости от $t_{\text{гор}}$, типа замедлителя и сортировочного устройства*	
	НК-114	КНП-5
До 11,0	$\frac{0,12}{0,11}$	$\frac{0,10}{0,09}$
11,1–14,0	$\frac{0,09-0,12}{0,08-0,11}$	$\frac{0,08-0,10}{0,07-0,09}$
14,1–19,0	$\frac{0,09}{0,08}$	$\frac{0,08}{0,07}$
14,1–19,0	$\frac{0,09}{0,08}$	$\frac{0,08}{0,07}$
19,1–24,0	$\frac{0,06-0,08}{0,06-0,08}$	$\frac{0,05-0,07}{0,05-0,07}$
24,1 и более	$\frac{0,06}{0,06}$	$\frac{0,05}{0,05}$

* Значения $C_{\text{гор}}$ в числителе относятся к автоматизированной горке, в знаменателе – для механизированной. Меньшее значение $C_{\text{гор}}$ относится к составу поезда до 63 вагонов, большее – 63 и более вагонов. Для немеханизированных горок и вытяжных путей $C_{\text{гор}} = 0,03$.

Т а б л и ц а 4.2

Вместимость сортировочного парка, вагоны*	Коэффициент $M_{\text{повт}}^{\text{гор}}$ при соотношении $\Gamma_{\text{вм}}$ вместимости сортировочного (сортировочно-отправочного) парка к произведению числа назначений плана формирования на средний состав отправляемых поездов					
	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
Менее 500	1,18	1,14	1,09	1,06	1,04	1,01
1000	1,16	1,12	1,08	1,06	1,04	1,01
1500 и более	1,14	1,09	1,06	1,04	1,03	1,01

* Учитываются пути, выделенные для накопления вагонов по назначениям плана формирования.

Отношение $\Gamma_{\text{вм}}$ суммарной вместимости путей сортировочного (сортировочно-отправочного) парка, предназначенных для накопления вагонов по назначениям плана формирования ($\sum m_{\text{сп}}^{\text{нф}}$), к произведению числа формируемых назначений ($K_{\text{н}}$) на средний состав отправляемых поездов ($m_{\text{от}}^{\Phi}$)

$$\Gamma_{\text{вм}} = \frac{\sum m_{\text{сп}}^{\text{нф}}}{K_{\text{н}} m_{\text{от}}^{\Phi}}$$

Давая оценку этим потерям времени, надо исходить из следующих соображений. Для сортировки вагонопотока, поступающего с линии, время работы горки составляет $1440\delta_{гор} - t_{пост}^{гор} - t_{техн}^{гор}$. Так как коэффициент $M_{повт}$ имеет значения больше 1,0, то потери времени на горке из-за повторной сортировки части вагонопотока следует считать равными:

$$t_{повт}^{гор} = (1440\delta_{гор} - \sum t_{пост}^{гор} - t_{техн}^{гор})(M_{повт} - 1). \quad (4.3)$$

Потери времени на горке, связанные с наличием в расформировываемых составах вагонов, запрещенных к роспуску без локомотива ($\Delta t_{зр}$), отнесенные на один расформировываемый состав, определяются в зависимости от технического оснащения горки (наличия специальных тупиков, среднего ходового пути и др. устройств) и технологии работы с такой категорией вагонов и должны включаться в горочный технологический интервал.

С учетом вышеизложенного, наличную перерабатывающую способность сортировочной горки определяют из следующего выражения:

$$n_{п}^{гор} = \frac{1440\delta_{гор} - t_{пост}^{гор} - t_{техн}^{гор} - t_{повт}^{гор}}{t_{гор}(1 + c_{гор}) + \Delta t_{зр}} m_{ср}, \quad (4.4)$$

где $m_{ср}$ – средняя величина состава поездов (в вагонах), поступающих в переработку на горку с подходов, примыкающих к станции.

Величина горочного технологического интервала $t_{гор}$ зависит от целого ряда факторов, которые порой учесть достаточно полно не представляется возможным: конструкции горочной горловины; число работающих на горке локомотивов; технологии расформирования-формирования составов поездов; технического оснащения горки и др. Поэтому для определения $t_{гор}$ возможно использование следующих способов:

1 Построение горочного технологического графика на полный цикл работы горки, который максимально учитывал бы факторы, оказывающие влияние на его величину. Из такого графика определяется продолжительность цикла работы горки $T_{ц}$, в течение которого расформировывается определенное количество составов $n_{ц}$. Отношение $T_{ц}/n_{ц}$ является величиной $t_{гор}$.

2 В реальных условиях на существующих станциях, имея числовые данные хронометражных наблюдений работы горки, для определения параметров $t_{гор}$ и его характеристик могут быть использованы различные прикладные программы и пакеты (EXCEL, STATWIN, STATGRAF и др.).

3 Для приближенной оценки $t_{гор}$ может быть использована формула, где среднее время занятия горки расформированием-формированием поездов рекомендуется находить по коэффициентам, значение которых зависит от числа горочных локомотивов:

$$t_{гор} = B_0 + B_1 t_p + B_2 t_n + B_3 t_3 + B_4 t_{ос} - B_5 K_{оп} + \Delta t_{зр}, \quad (4.5)$$

где v_0, \dots, v_5 – коэффициенты, значение которых принимается в зависимости от числа горочных локомотивов по таблице 4.3.

t_p, t_n – среднее время соответственно роспуска и надвига состава на горку, мин;

t_3 – среднее время заезда горочного локомотива за составом, мин;

t_{oc} – продолжительность осаживания, приходящаяся на один формируемый состав, мин;

$K_{оп}$ – коэффициент параллельности выполняемых операций,

$$K_{оп} = \frac{t_{пар}}{t_p + t_n + t_{oc} + t_3}, \quad (4.6)$$

$t_{пар}$ – суммарная продолжительность технологических операций, которые могут быть выполнены параллельно с роспуском состава, мин.

Т а б л и ц а 4.3

Число горочных локомотивов	v_0	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
2	6,01	0,51	0,64	0,40	0,60	6,12
3	8,47	0,40	0,36	0,25	0,66	7,64
4	9,42	0,37	0,43	0,24	0,59	9,20
5	10,23	0,33	0,38	0,16	0,57	9,30
6	12,16	0,44	0,19	0,76	0,55	11,50

Величина $t_{пар}$ зависит от технического оснащения горки и определяется с использованием одного из выражений, приведенных в таблице 4.4.

Т а б л и ц а 4.4

Техническое оснащение горки	Выражение для расчета $t_{пар}^*$
Один путь роспуска и надвига (без обходных путей)	$t_{3(пг)}$
Один путь роспуска и надвига (с обходным путем)	$t_{3(пг)} + t_{3(пг)}$
Один путь роспуска и два надвига, обходные пути	$t_{3(пг)} + t_{3(пг)} + t_{н(с)}$
Два пути роспуска, два и более путей надвига или работа горки в режиме последовательного роспуска составов	$t_{3(пг)} + t_{3(пг)} + t_{н(с)} + t_{н(г)} + t_p(1 - \gamma_{пс}) + t_{3(пг)} + t_{3(пг)} + t_{н(с)} + t_{н(г)} + t_{oc}$
<p>* $t_{3(пг)}, t_{3(пг)}$ – среднее время заезда локомотива в парк прибытия за очередным составом соответственно от горба горки до предгорочной горловины и от нее до подхода локомотива к составу, мин;</p> <p>$t_{н(с)}, t_{н(г)}$ – среднее время надвига состава соответственно до горочного светофора и от него – до горба горки, мин;</p> <p>$\gamma_{пс}$ – доля составов, роспускаемых с горки в последовательном режиме.</p>	

Пример 4.1. Рассчитать перерабатывающую способность сортировочной горки нечетной сортировочной системы станции Г. На сортировочную горку для расформирования поступают вагонопотоки, прибывающие со станций Ж и К в грузовых поездах, с предузловых станций – в узловых передаточных поездах и с нечетной сортировочной системы – в угловых передаточных поездах (таблица 4.5).
Т а б л и ц а 4.5

Операции приема и отправления по категориям поездов	Количество поездов в сутки	Средний состав поезда, вагонов
1 Прием четных грузовых поездов: из Ж	8	65
из К	7	65
2 Прием четных узловых передач: из Ж	2	13
из К	1	13
3 Прием угловых передач с нечетной сортировочной системы	2	33

Вместе с тем, на горке расформировываются группы вагонов, поступающие с подъездных путей, примыкающих к сортировочной системе (таблица 4.6).

Т а б л и ц а 4.6

Наименование подъездного пути	Количество групп вагонов	Число вагонов в группе
1 10 путь	2	5
2 БТС	1	9
3 ЭТЗ+РМЗ	2	1
4 НГЧ+РМЗ	2	3
5 УПТК	7	2
6 СМ	1	6
7 Гортоп	5	3

Для расформирования (формирования) поездов горка имеет: вытяжной путь (№ 2 т), один путь надвига, один путь роспуска и один обходной путь (см. рисунок 3.2). Горка оборудована устройствами ГАЦ, тремя тормозными позициями (ТП) из замедлителей КНП-5 (на 1-й и 2-й ТП) и РНЗ-2 (на парковой ТП).

Нормы времени на выполнение горочных технологических операций, установленные технологическим процессом, составляют: $t_{гр} = 3$ мин; $t_{над} = 3$ мин; $t_{гор} = 34$ мин.

В сортировочно-отправочном парке, состоящем из 11 путей (2 пучка), для накопления составов по назначениям плана формирования поездов (Ч, Бр, О, Бх) выделено четыре пути вместимостью соответственно 78, 77, 80 и 74 вагона. На этих путях в среднем в сутки формируется 8 поездов с числом вагонов в составе 72 и один поезд из 22 вагонов.

Р е ш е н и е. Перерабатывающую способность сортировочной горки определяем, используя формулу (4.4). При этом коэффициент, учитывающий перерывы в использовании горки из-за враждебности маршрутов, $\alpha_{гор} = 0,95$.

Для расчета $t_{пост}^{гор}$ [см. формулу (4.2)] используется вспомогательная таблица 4.7, в которой n_i и m_i приняты в соответствии с таблицами 4.5 и 4.6, а $l_{выт}$ – по масштабному плану станции. Величину $t_{выт}$ определяют по формуле (3.14), в которой $v_{выт}$ в соответствии с технологическим процессом принимается равной 6,5 км/ч, а $l_{п/р} = l_c + l_{выт}$.

Таблица 4.7

Наименование расформировываемых составов	Обозначения и числовые значения величин													
	n_i	m_c	$l_c=15m_c$	$l_{\text{выт}}$	$l_{\text{пр}} =$ $= l_c + l_{\text{выт}}$	$V_{\text{выт}}$	$t_{\text{выт}}$	$t_{\text{над}}$	q_0	$V_{\text{рос}}$	$t_{\text{рос}}$	$t_i^{\text{гор}}$	$t_{\text{пост}}^{\text{гор}} =$ $= n_i^{\text{гор}} t_i^{\text{гор}}$	
	составы	вагоны	м	м	м	км/ч	мин	мин	отцеп	км/ч	мин	мин	мин	
Узловые передачи	3	13	195	273	468	6,5	4,5	3,00	9	4	2,76	10,26	30,78	
Угловые передачи	2	33	495	273	768	6,5	7,4	3,00	13	4	7,14	17,54	35,08	
Уборка с местных пунктов	10 путь	2	5	75	273	348	6,5	3,4	3,00	3	4	0,94	7,34	14,68
	БТС	1	9	135	273	408	6,5	3,9	3,00	7	4	1,25	8,15	8,15
	ЭТЗ+РМЗ	2	1	15	273	288	6,5	2,8	3,00	1	4	0,23	6,03	12,06
	НГ+РМЗ	2	3	45	273	318	6,5	3,1	3,00	2	4	0,51	6,61	13,22
	УПТК	7	2	30	273	303	6,5	2,9	3,00	2	4	0,34	6,24	43,68
	СМ	1	6	90	273	363	6,5	3,5	3,00	4	4	1,18	7,68	7,68
Горгоп	5	3	45	273	318	6,5	3,1	3,00	2	4	0,51	6,61	33,05	
Всего	Съем полезного времени работы горки $t_{\text{пост}}^{\text{гор}} = \sum_{i=1}^n n_i^{\text{гор}} t_i^{\text{гор}}$												198,38	

Продолжительность роспуска каждого из составов находим по формуле

$$t_{\text{рос}} = 0,06 \frac{l_c}{v_{\text{рос}}} \left(1 - \frac{1}{2q_0} \right), \quad (4.7)$$

где $v_{\text{рос}}$ – скорость роспуска состава на горке, составляет 4 км/ч;
 q_0 – число отцепов в расформировываемом составе (см. таблицу 4.7).

По результатам выполненных расчетов с помощью таблицы 4.7 $t_{\text{пост}}^{\text{гор}} = 198,4$ мин.

Продолжительность перерывов в работе горки $t_{\text{техн}}^{\text{гор}}$, связанных с плановым обслуживанием и ремонтом технических устройств (горочных локомотивов, замедлителей и другого оборудования) определяют по формуле

$$t_{\text{техн}}^{\text{гор}} = t_{\text{лок}}^{\text{гор}} + t_3, \quad (4.8)$$

где $t_{\text{лок}}^{\text{гор}}$ – среднесуточная продолжительность экипировки и обслуживания локомотивов, согласно месячному графику экипировки и смены локомотивных бригад, принимается равной 30 мин;

t_3 – среднее время, требуемое на технологическое обслуживание замедлителей и другого оборудования, определяется по формуле (4.1). Так как горка на спускной части оборудована замедлителями КНП-5 и имеет один спускной путь при двух пучках, то

$$t_3 = 8 \cdot 2 = 16 \text{ мин.}$$

Тогда $t_{\text{техн}}^{\text{гор}} = 30 + 16 = 46$ мин.

Так как четная сортировочная система имеет полезную длину путей, выделенных для накопления составов поездов по назначениям плана формирования, большую, чем длину составов, то $t_{\text{повт}}^{\text{гор}} = 0$.

Потери времени, связанные с расформированием составов, имеющих вагоны, запряженные к роспуску, учтены в горочном технологическом интервале. Перерывы в работе горки из-за отказов технических устройств, нерасцепов и по другим причинам (см. таблицу 4.1) учитываются через коэффициент $\rho_{\text{гор}}$, который составляет 0,05.

Тогда при $m = \frac{65 \cdot 15 + 13 \cdot 3}{15 + 3} = 56,3$ вагона

$$n_{\text{гор}} = \frac{1440 \cdot 0,95 - 198,4 - 46}{34(1 + 0,05)} \cdot 56,3 = 1772 \text{ ваг/сут.}$$

Уровень загрузки горки

$$\Gamma_{\text{гор}} = \frac{\sum N_i m_i}{n_{\text{гор}}} = \frac{65 \cdot 15}{1772} = 0,55.$$

Перерабатывающая способность сортировочных горок может быть увеличена за счет конструктивных и технологических мероприятий, разрабатываемых для каждой из них с учетом имеющегося технического оснащения.

Организация на горке частично-параллельного роспуска приводит к сокращению значения $t_{\text{гор}}$ на величину, связанную с количеством составов,

перерабатываемых на горке в режиме параллельного роспуска $\Delta t_{\text{гор}}^{\text{пр}}$, и в то же время к увеличению $t_{\text{гор}}$ – из-за необходимости повторной сортировки части вагонов пересекающихся потоков, которые направляются на отсевные пути в каждой половине сортировочного парка $\Delta t_{\text{гор}}^{\text{пс}}$.

При известных $t_{\text{гор}}$ для последовательного режима роспуска $t_{\text{гор}}^{\text{посл}}$ и параллельного $t_{\text{гор}}^{\text{пр}}$

$$\Delta t_{\text{гор}}^{\text{пр}} = K^{\text{п}} (t_{\text{гор}}^{\text{посл}} - t_{\text{гор}}^{\text{пр}}), \quad (4.9)$$

где $K^{\text{п}}$ – коэффициент параллельного роспуска составов,

$$K^{\text{п}} = \frac{N_{\text{пр}}}{N}, \quad (4.10)$$

$N_{\text{пр}}$ – число составов, перерабатываемых на горке в режиме параллельного роспуска;

N – общее число составов, перерабатываемых горкой за сутки.

Величина $\Delta t_{\text{гор}}^{\text{пс}}$ зависит в большей степени от конструкции горочной горловины (наличие общего пучка для отсева пересекающихся потоков, среднего ходового пути для выставки состава на повторную сортировку через горку и т.д.), величины пересекающегося потока, технологии работы с этим потоком на горке, специализации путей сортировочного парка и в каждом конкретном случае определяется индивидуально. Например, для горочной горловины с двумя путями роспуска, надвига и наличием обходных путей при условии, что $t_{\text{выст}}$ и $t_{\text{р}}^{\text{пс}}$ составов повторной сортировки с каждой половины сортировочного парка будут одинаковыми,

$$\Delta t_{\text{гор}}^{\text{пс}} = (2t_{\text{выст}} + t_{\text{р}}^{\text{пс}}) \bar{b}_{\text{повт}} K^{\text{п}}, \quad (4.11)$$

где $t_{\text{выст}}$ – продолжительность выставки состава пересекающегося потока на смежный надвижной путь для повторной сортировки с учетом заезда локомотива и сборки вагонов;

$t_{\text{р}}^{\text{пс}}$ – продолжительность роспуска состава повторной сортировки;

$\bar{b}_{\text{повт}}$ – доля вагонопотока, подлежащего повторной сортировке в рассматриваемом промежутке времени,

$$\bar{b}_{\text{повт}} = \frac{n_{\text{пер}}}{n_{\text{пр}}}; \quad (4.12)$$

$n_{\text{пер}}$ – величина пересекающегося потока, вагонов, образуемого при параллельном роспуске;

$n_{\text{пр}}$ – величина прямого потока, поступающего в переработку с линии.

Потребная перерабатывающая способность сортировочной горки, ваг.,

$$n_{\text{гор}} = Nm(1 + c_c), \quad (4.13)$$

где N – число составов, прибывающих в расформирование;

c_c – потребный технический резерв сортировочной горки, связанный с неравномерностью прибытия и обработки поездов.

Величина резерва горки может быть установлена с помощью оптимизационных расчетов или по заданному уровню надежности комплекса расформирования составов.

Соотношение наличной и потребной перерабатывающей способности горки должно быть следующим:

$$n_{\text{н}}^{\text{гор}} \geq n_{\text{гор}}. \quad (4.14)$$

4.2 Перерабатывающая способность вытяжных путей

Перерабатывающую способность вытяжного пути (вагонов) определяют по формуле

$$n_i^{\text{в}} = \frac{\sum_{j=1}^n N_{\text{в}j}^{\text{в}} \bar{m}_{\text{ф}}}{k_{\text{в}}} + m_{\text{пост}}^{\text{в}}, \quad (4.15)$$

где $N_{\text{в}j}^{\text{в}}$ – количество поездов j -й категории, прибывающих (отправляемых) на станцию и обрабатываемых на вытяжном пути;

$\bar{m}_{\text{ф}}$ – среднее число вагонов в составе формируемого поезда;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент использования перерабатывающей способности вытяжного пути;

$m_{\text{пост}}^{\text{в}}$ – число вагонов углового потока, местных и т.д., обрабатываемых за время $\sum T_{\text{пост},i}^{\text{в}}$.

Коэффициент использования перерабатывающей способности вытяжного пути

$$k_{\text{в}} = \frac{M_{\text{повт}}^{\text{в}} \left[\sum_{j=1}^n N_{\text{в}j}^{\text{в}} t_{\text{в}j}^{\text{в}} \right] (I + B_{\text{в}})}{1440 \delta_{\text{ср}} P_{\text{пр}} - \sum T_{\text{пост},i}^{\text{в}}}, \quad (4.16)$$

где $M_{\text{повт}}^{\text{в}}$ – коэффициент повторной сортировки, для средних условий равен 1,02–1,05;

$t_{\text{в}j}^{\text{в}}$ – время обработки на вытяжке поезда j -й категории, прибывающего (отправляемого) с подхода p . Определяется с использованием методик технологического нормирования ма-

- невровой работы;
- v_b – коэффициент, учитывающий отказы технических устройств, равный 0,01;
- b_c – коэффициент, учитывающий перерывы в использовании вытяжного пути из-за враждебности передвижений, равный 0,93–0,95;
- $p_{пр}$ – коэффициент, характеризующий перерывы в использовании вытяжного пути из-за занятости путей парка отправления, $p_{пр} = 0,93 \dots 0,96$;
- $\sum T_{пост,i}^{рв}$ – время занятия i -го вытяжного пути в течение суток для выполнения операций, не зависящих от объема переработки (перестановка углового потока, обработка групп вагонов, подлежащих ремонту или отремонтированных, обработка групп местных вагонов, затраты времени на экипировку маневрового локомотива, формирование сборных поездов), обычно это время составляет 50–100 мин.

Перерабатывающая способность m_b вытяжных путей, осуществляющих сортировку вагонов на станции,

$$n_{m_b} = \sum_{i=1}^{m_b} n_i^B. \quad (4.17)$$

Пример 4.2. Определить наличную перерабатывающую способность вытяжного пути сортировочной станции, на котором выполняются операции окончания формирования поездов, а также подборка местных вагонов на грузовые фронты. На вытяжном пути в среднем в сутки формируют 11 сквозных, 4 двухгруппных, 4 сборных поезда и 60 местных вагонов. Технологическое время на окончание формирования и перестановку состава в парк отправления: сквозных – 20 мин, двухгруппных – 30 мин, сборных – 65 мин. На работу с местными вагонами затрачивается 80 мин. Средний состав поездов $m_c = 53$ ваг.

Решение. Наличная перерабатывающая способность вытяжного пути определяется по формуле (4.15), а коэффициент использования наличной перерабатывающей способности вытяжного пути – по формуле (4.16). При этом значение коэффициента повторной сортировки принимается $M_{повт}^p = 1,02$; коэффициента, учитывающего отказы технических устройств, $v_b = 0,01$; коэффициента, учитывающего перерывы в использовании вытяжного пути из-за враждебности передвижений, $b_c = 0,93$; коэффициента, характеризующего перерывы в использовании вытяжного пути из-за занятости парка отправления, $p_{пр} = 0,93$. Время занятия вытяжного пути в течение суток выполнением операций, не зависящих от объема переработки (перестановка углового протока, обработка групп вагонов, подлежащих ремонту или отремонтированных, местных вагонов, экипировка маневрового локомотива, формирование сборных поездов) равно 80 мин. Тогда

$$k_n = [1,02(13 \cdot 20 + 4 \cdot 30 + 4 \cdot 65)(1 + 0,01)] / (1440 \cdot 0,93 \cdot 0,93 - 80) = 0,566.$$

Наличная перерабатывающая способность вытяжного пути

$$n^B = (13 + 4 + 4) \cdot 53 / 0,566 + 80 \approx 2050 \text{ ваг.}$$

4.3 Перерабатывающая способность грузовых фронтов

Перерабатывающая способность грузовых фронтов зависит от конструкции и вместимости складов, технического оснащения и надёжности работы средств механизации погрузочно-разгрузочных работ, а также технологии их обслуживания средствами маневровой работы.

Перерабатывающая способность грузовых фронтов на станциях и подъездных путях рассчитывается:

- по средствам механизации погрузочно-разгрузочных работ с учётом технологии подачи-уборки вагонов;

- по вместимости складов с учётом продолжительности хранения в них грузов.

Перерабатывающая способность определяется как отдельных фронтов, так и грузовых пунктов, перерабатывающих однородные грузы.

Перерабатывающая способность грузового фронта по средствам механизации погрузочно-разгрузочных работ

$$n_{гф}^м = \frac{T_p^\phi - \sum t_{пост}^\phi}{T_{ц}^\phi (1 + c_\phi)} E_\phi, \quad (4.18)$$

где T_p^ϕ – период работы грузового фронта (при круглосуточной работе $T_p^\phi = 1440$ мин);

$\sum t_{пост}^\phi$ – время выполнения на грузовом фронте постоянных операций (текущий осмотр и ремонт погрузочно-разгрузочных механизмов и др.);

$T_{ц}^\phi$ – продолжительность цикла обработки одной подачи, мин;

c_ϕ – коэффициент, учитывающий возникновение отказов технических устройств на грузовом фронте (неисправность средств механизации, отключение электроэнергии и др.).

E_ϕ – вместимость грузового фронта – количество вагонов, с которыми грузовые операции можно выполнять одновременно;

На грузовых фронтах, оснащённых мобильными механизмами (электропогрузчиками, автопогрузчиками, одноковшовыми погрузчиками и др.), которые в случае отказа могут быть оперативно заменены на исправные машины, в $\sum t_{пост}^\phi$ включается только простой в ежедневном техническом

обслуживании, продолжительность которого принимается в соответствии с таблицей 4.8. При отсутствии подменных средств $\sum t_{\text{пост}}^{\Phi}$ рекомендуется принимать по результатам хронометражных наблюдений, а для ориентировочных расчётов – равным 1 ч.

Т а б л и ц а 4.8

Машины	Значения $t_{\text{пост},j}^{\Phi}$, ч
Козловые краны грузоподъемностью, т:	
- до 15	0,4
- более 15 до 50	0,6
Краны стреловые автомобильные:	
- с механическим приводом рабочего органа	0,5
- с гидравлическим и электрическим приводом рабочего органа	0,4
- на пневмоходу и железнодорожном ходу	0,6
Погрузчики одноковшовые и автопогрузчики	0,5
Бульдозеры и экскаваторы	0,4
Электропогрузчики	0,3

Параметр c_{Φ} для всех типов грузовых фронтов, обслуживаемых одной машиной, следует принимать равным 0,02, при двух и более машинах, работающих на обработке одной подачи, рассчитывают по формуле

$$c_{\Phi} = \frac{(1 - K_{\Gamma}^n) t_{\text{отк}}}{T_{\text{ц}\Phi}^{\Phi}}, \quad (4.19)$$

где K_{Γ}^n – коэффициент готовности машин к работе, принимается равным 0,98;
 n – число машин, одновременно работающих на грузовом фронте;
 $t_{\text{отк}}$ – продолжительность устранения одного отказа, в среднем составляет 2,4 часа.

$$E_{\Phi} = \frac{L_{\Phi}}{l_{\text{в}}}, \quad (4.20)$$

где L_{Φ} – длина погрузочно-разгрузочного фронта со стороны железной дороги;
 $l_{\text{в}}$ – длина условного вагона, $l_{\text{в}} = 14,0$ м.

Продолжительность цикла обработки одной подачи (от момента прибытия первой подачи до момента прибытия следующей подачи)

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{раст}} + t_{\text{гр}} E_{\Phi} + t_{\text{сб}}, \quad (4.21)$$

где $t_{\text{раст}}$ – время расстановки вагонов у грузового фронта;

- $t_{гр}$ – средняя продолжительность грузовой операции с одним вагоном, с учётом числа работающих машин;
- $t_{сб}$ – время сборки вагонов у грузового фронта.

Пример 4.3. Определить суточную наличную перерабатывающую способность грузового фронта, обслуживаемого электропогрузчиком. Продолжительность грузовой операции с вагонами $t_{гр} = 30$ мин, маневровых операций – расстановки (сборки) вагонов одной подачи – $t_{раст} = t_{сб} = 10$ мин. Протяженность грузового фронта – 60 м. Среднее время на выполнение постоянных операций (приемка смены, техническое обслуживание и ремонт механизма и другие виды перерывов в работе грузового фронта) – $\Sigma t_{пост} = 60$ мин.

Решение. Перерабатывающую способность грузового фронта (по средствам механизации) определяют по формуле (4.18), где период работы грузового фронта принимают $T_{рц}^{\Phi} = 1440$ мин.

Коэффициент ρ_{Φ} , учитывающий возникновение отказов технических устройств на грузовом фронте (неисправность средств механизации, отключение электроэнергии и др.), принимают для заданных условий равным 0,02.

Вместимость грузового фронта при длине условного вагона $l_{в} = 14,0$ м [см. формулу (4.20)]

$$E_{\Phi} = \frac{L_{\Phi}}{l_{в}} = \frac{60}{14} = 4 \text{ ваг.}$$

Продолжительность цикла обработки одной подачи (от момента прибытия до момента прибытия следующей подачи) по формуле (4.21)

$$T_{ц} = 10 + 120 + 10 = 140 \text{ мин.}$$

Тогда

$$n = \frac{1440 - 60}{140(1 + 0,02)} \cdot 4 = 38 \text{ ваг.}$$

Перерабатывающая способность грузового пункта, состоящего из нескольких грузовых фронтов, перерабатывающих однородные грузы,

$$n_{гп}^M = \sum_{i=1}^{\Phi} \frac{T_i - t_{пост}^{\Phi}}{T_{рц}^{\Phi} (1 + c_{\Phi i})} E_{\Phi i}, \quad (4.22)$$

где Φ – число грузовых фронтов, входящих в состав грузового пункта;

T_i – расчётный период работы i -го грузового фронта за сутки, мин;

$t_{пост}^{\Phi}$ – время выполнения на i -м грузовом фронте постоянных операций (текущий осмотр и ремонт погрузочно-разгрузочных механизмов и др.);

$T_{рц}^{\Phi}$ – продолжительность расчётного цикла работы грузового пункта;

$c_{\Phi i}$ – коэффициент, учитывающий возникновение отказов технических устройств на i -м грузовом фронте, определяют по формуле (4.19);

$E_{\Phi i}$ – вместимость i -го грузового фронта, ваг.

Для нахождения расчётного цикла следует определить продолжительность цикла работы каждого грузового фронта:

$$T_{\text{ц}}^{\Phi} = t_{\text{ман}i} + \frac{t_{\text{гр}i} E_{\Phi i}}{M_i}, \quad (4.23)$$

где $t_{\text{ман}i}$ – затраты времени на маневровую работу, связанную с расстановкой и сборкой вагонов одной подачи на i -м грузовом фронте, мин ($t_{\text{ман}} = t_{\text{расст}} + t_{\text{сб}}$);

$t_{\text{гр}i}$ – продолжительность грузовой операции с одним вагоном на грузовом фронте;

M_i – число одновременно работающих механизмов на грузовом фронте.

Если все фронты погрузки-выгрузки грузового пункта обслуживаются одним маневровым локомотивом, для оценки перерабатывающей способности каждого из них за расчётный $T_{\text{рц}}^{\Phi}$ должен быть принят цикл работы того грузового фронта, который имеет наибольшую продолжительность.

При этом следует проверить, не будут ли суммарные затраты времени на маневровую работу по подаче-уборке вагонов на грузовой пункт $\sum t_{\text{ман}}$ превышать продолжительность максимального цикла $T_{\text{цmax}}^{\Phi}$ i -го грузового фронта, т.е.

$$\sum t_{\text{ман}} > T_{\text{цmax}}^{\Phi}.$$

Если это произойдёт, то за расчётный цикл грузового пункта $T_{\text{рц}}^{\Phi}$ следует принимать $\sum t_{\text{ман}}$.

Пример 4.4. Определить перерабатывающую способность грузового пункта, состоящего из трех грузовых фронтов, перерабатывающих тяжеловесные грузы. Подача (уборка) вагонов производится одним закрепленным за грузовым пунктом маневровым локомотивом. Погрузочно-выгрузочные операции выполняются козловыми кранами грузоподъемностью 5 т. Характеристика грузового пункта и затраты времени на выполнение маневровых и погрузочно-выгрузочных операций приведена в таблице 4.9.

Решение. Перерабатывающая способность грузового пункта по средствам механизации может быть определена по формуле (4.22).

Для нахождения расчетного цикла следует определить продолжительность цикла работы каждого грузового фронта по формуле (4.23):

- первого грузового фронта –

$$T_{\text{ц1}}^{\Phi} = 6 + 6 + 45 \cdot 2 = 102 \text{ мин};$$

- второго грузового фронта –

$$T_{\text{ц2}}^{\Phi} = 12 + 12 + 60 \cdot 4 / 2 = 144 \text{ мин};$$

- третьего грузового фронта –

$$T_{\text{ц3}}^{\Phi} = 20 + 20 + 75 \cdot 8 / 3 = 240 \text{ мин}.$$

Т а б л и ц а 4.9

Показатели грузового пункта	Значение показателей по грузовым фронтам		
	1	2	3
Емкость грузового фронта (E_{Φ}), ваг.	2	4	8
Число одновременно работающих кранов	1	2	3
Продолжительность грузовой операции с вагоном ($t_{гп}$), мин	45	60	75
Затраты времени на маневровую работу по расстановке (сборке) вагонов одной подачи ($t_{ман}$), мин	6	12	20
Продолжительность занятия грузового фронта выполнением постоянных операций ($t_{пост}^{\Phi}$), мин	30	60	60
Период работы грузового фронта (T), мин	480	1440	1440

Учитывая, что все три фронта погрузки-выгрузки грузового пункта обслуживаются одним локомотивом, для оценки перерабатывающей способности каждого из них за расчетный должен быть принят цикл работы того грузового фронта, который имеет его наибольшую продолжительность. В данном примере наибольшую продолжительность составляет цикл третьего грузового фронта, который равен 240 мин. При этом следует проверить, не будут ли суммарные затраты времени на маневровую работу по подаче (уборке) вагонов на грузовой пункт ($\sum t_{\max}$) превышать продолжительность максимального цикла ($T_{ц(\max)}^{\Phi}$) i -го грузового фронта, т.е. $\sum t_{\max} > T_{ц(\max)}^{\Phi}$. Если это произойдет, то за расчетный цикл грузового пункта следует принимать $\sum t_{ман}$.

В рассматриваемом примере

$$\sum t_{ман} = 12 + 24 + 40 = 76 \text{ мин,}$$

что не превышает $T_{ц(\max)}^{\Phi} = 240$ мин.

Значение параметра ρ_{Φ} для первого грузового фронта, обслуживаемого одним механизмом, принимается равным 0,02. Для второго и третьего грузовых фронтов определяется по формуле (4.19):

$$c_{\Phi 2} = \frac{(1-0,98^2) \cdot 144}{240} = 0,024 \quad c_{\Phi 3} = \frac{(1-0,98^3) \cdot 144}{240} = 0,036.$$

Перерабатывающая способность грузового пункта по средствам механизации составит

$$n_{гп}^M = \frac{480-30}{240(1+0,036)} \cdot 2 + \frac{1440-60}{240(1+0,024)} \cdot 4 + \frac{1440-60}{240(1+0,036)} \cdot 8 = 3,7 + 22,5 + 44,4 = 70,6 \approx 70 \text{ ваг.}$$

Перерабатывающая способность по вместимости склада $E_{скл}$ зависит от продолжительности хранения груза, количества груза, перерабатываемо-

го по прямому варианту, т. е. без хранения в складе, а также уровня использования грузоподъемности вагона

$$n_{\text{скл}}^e = \frac{E_{\text{скл}}(1+\varphi)(1-m)}{q_v \cdot O_v \cdot t_{\text{хр}}}, \quad (4.24)$$

где φ – доля груза, перерабатываемого по прямому варианту;

m – коэффициент, учитывающий оперативный резерв емкости, необходимый для рациональной организации работы склада, принимается 0,1–0,15;

q_v – грузоподъемность вагона;

O_v – коэффициент использования грузоподъемности вагона;

$t_{\text{хр}}$ – продолжительность хранения груза в складе.

Пример 4.5. Емкость склада грузового фронта составляет $E_{\text{скл}} = 720$ т. На складе предусмотрено хранение груза в среднем в течение двух суток. Груз поступает на склад в вагонах грузоподъемностью 63 т. По результатам обработки статистических данных средний уровень использования грузоподъемности вагона составил 0,63. По прямому варианту (вагон-автомобиль и обратно) перегружается 30 % груза. Средства механизации и завоза-вывоза груза обеспечивают переработку грузопотока в заданном режиме. Определить перерабатывающую способность склада по его вместимости в вагонах.

Решение. Перерабатывающая способность по вместимости склада по формуле (4.24)

$$n_{\text{скл}}^e = \frac{720(1+0,3)(1-0,1)}{63 \cdot 0,6 \cdot 2} = 11,1 \text{ ваг.}$$

Следовательно, по вместимости склада грузовой фронт в течение суток при заданных условиях может переработать 11 вагонов.

5 ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ УСТРОЙСТВ ЛОКОМОТИВНОГО ХОЗЯЙСТВА

5.1 Общие положения

Н личная пропускная способность устройств локомотивного хозяйства рассчитывается по видам обслуживания и определяется максимально возможным количеством поездных локомотивов, моторвагонных составов, которое может быть обслужено соответствующим устройством в сутки при имеющемся его техническом оснащении и принятой технологии работы.

Пропускная способность устройств локомотивного хозяйства рассчитывается на основании исходных данных параметров соответствующих устройств (наличное количество позиций ремонта и обслуживания устройства, их производительность, схема размещения), включая временно законсервированные, а также с учетом распределения программы ремонта (обслуживания) локомотивов между депо на железной дороге.

Оценка уровня использования пропускной способности устройств локомотивного хозяйства производится в сопоставлении с установленным графиком движения количества грузовых и пассажирских поездов или заданием в зависимости от вида тяги, схемы тягового обслуживания, применения кратной тяги и подталкивания, с учетом обеспечения потребности в рассматриваемых устройствах для непоездных локомотивов.

Пропускная способность рассчитывается при следующих условиях:

а) деповские и экипировочные устройства находятся в исправном техническом состоянии;

б) нормы по производительности данных устройств, используемых при расчетах, должны отражать передовую технологию и производительность труда и обеспечивать нормативное время, необходимое для выполнения всех видов планового ремонта, технического и санитарно-гигиенического обслуживания устройств, а также производственных помещений;

в) производство технических операций по ремонту, техническому обслуживанию, экипировке в депо с уровнем заполнения (использования) пропускной способности ≤ 1 должно обеспечивать выполнение технических норм по ремонту и эксплуатации локомотивов [соблюдение норм пробега между ремонтами и техническими обслуживаниями (ТО), их продолжительности, обязательное выполнение заданных нормативных значений де-

повского процента неисправных локомотивов], установленных на Белорусской железной дороге.

В каждом пункте технического обслуживания, текущего ремонта или экипировки локомотивов наличное число позиций, принимаемое к расчетам, определяется в зависимости от секционности и длины локомотивов. При эксплуатации на участке обращения локомотивов разной длины к расчету принимаются позиции по локомотиву большей длины.

Пропускную способность определяют по следующим деповским и экипировочным устройствам:

1) при электрической тяге:

- по позициям: технического обслуживания ТО-2; технического обслуживания ТО-3; текущего ремонта ТР-1; для устранения последствий отказов электровозов в эксплуатации (неплановые ремонты – НР);

- устройствам пескоснабжения: пескосушильным печам; по устройствам для подачи песка на электровозы;

- экипировочным позициям;

- ходовым деповским путям;

2) при тепловозной тяге:

- по позициям: технического обслуживания ТО-2; технического обслуживания ТО-3; текущего ремонта ТР-1; для устранения последствий отказов тепловозов в эксплуатации (неплановые ремонты – НР);

- устройствам для подачи топлива на тепловозы;

- устройствам пескоснабжения: пескосушильным печам; устройствам для подачи песка на тепловозы;

- экипировочным позициям;

- ходовым деповским путям.

При наличии диспропорций наличной и потребной пропускной способностей отдельных сооружений и устройств локомотивного хозяйства разрабатываются мероприятия по их устранению (изменение способов обслуживания поездов локомотивами, перераспределение между смежными депо программы технических обслуживаний и текущего ремонта локомотивов и др.)

За основу расчета пропускной способности устройств локомотивного хозяйства принимаются размеры движения в парах поездов за месяц максимальных грузовых перевозок на участках, для которых локомотивное хозяйство должно обеспечить содержание необходимого локомотивного парка при условии выполнения заданных нормативов по его эксплуатации и ремонту.

При использовании на участках кратной тяги, подталкивания, ведения двоярных поездов пропускную способность рассчитывают с учетом потребности в устройствах для всех поездных локомотивов.

Максимальную пропускную способность рассматриваемого устройства локомотивного хозяйства определяют:

- в л о к о м о т и в а х -

$$M_m^n = \frac{M_{\text{л}}^{\text{ГР}}}{K}; \quad (5.1)$$

- в парах грузовых поездов -

$$N_m^n = \frac{M_{\text{л}}^{\text{ГР}}}{K} \alpha_{\text{л}}, \quad (5.2)$$

где $M_{\text{л}}^{\text{ГР}}$ – количество локомотивов, обслуживаемых на рассматриваемом устройстве, для обеспечения заданных размеров грузового движения;

K – коэффициент использования пропускной способности данного вида устройств, имеющих в депо или пункте экипировки;

$\alpha_{\text{л}}$ – коэффициент, равный количеству пар грузовых поездов, проходящих на один поездной локомотив, обслуживаемый рассматриваемым устройством,

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{N_{\text{пар}}^{\text{ГР}}}{M_{\text{л}}^{\text{ГР}}}; \quad (5.3)$$

$N_{\text{пар}}^{\text{ГР}}$ – размеры грузового движения на участках, для которых определена потребность в обслуживающих устройствах, пар поездов;

Коэффициент использования пропускной способности деповских устройств локомотивного хозяйства (депо, пункта экипировки и др.)

$$K = \frac{\varphi_{\text{Г}}}{\varphi_{\text{н}} - \varphi_{\text{п}}}, \quad (5.4)$$

где $\varphi_{\text{Г}}$ – параметр, характеризующий суточную потребность в рассматриваемых устройствах для обслуживания локомотивов, обеспечивающих заданные размеры грузового движения;

$\varphi_{\text{н}}$ – параметр, характеризующий наличное количество рассматриваемых устройств, принятый для выполнения соответствующего вида обслуживания;

$\varphi_{\text{п}}$ – параметр, характеризующий суточную потребность в рассматриваемых устройствах для обслуживания локомотивов негрузовых видов движения (пассажирского, пригородного, локомотивов вывозных и передаточных, маневровых, толкачей и др.).

На участках, на которых грузовые перевозки осуществляются как электровозами, так и тепловозами, заданные размеры движения устанавливаются для каждого вида тяги в отдельности. Разделение расчетных размеров движения по видам тяги производится по согласованию служб локомотивного хозяйства и перевозок.

Для устройств локомотивного хозяйства, не имеющих специализации по видам тяги, определяют общий коэффициент использования пропускной способности. При этом пропускную способность устанавливают на основа-

нии значения общего коэффициента использования пропускной способности и размеров движения по каждому виду тяги.

Пропускную способность устройств, специализированных для обслуживания парка пассажирских локомотивов или моторвагонного подвижного состава определяют отдельно, если при небольших объемах обслуживания они не выполняются на совмещенных устройствах.

5.2 Пропускная способность позиций экипировки, ТО-2, ТО-3 и Тр-1

Величина, характеризующая суточную потребность в рассматриваемых устройствах для обслуживания локомотивов, обеспечивающих заданные размеры **грузового движения**,

$$\Phi_{\Gamma} = \frac{\sum_{i=1}^R M_{\text{сут},i}^{\text{гр}} T_i^{\text{гр}} \alpha_{\text{н}}}{m\Phi}, \quad (5.5)$$

где $i = 1, 2, \dots, R$ – серия локомотивов, обслуживаемых устройством;

$\sum_{i=1}^R M_{\text{сут},i}^{\text{гр}}$ – количество локомотивов грузового парка i -й серии, поступающих для обслуживания на соответствующий вид устройства;

$T_i^{\text{гр}}$ – время занятия позиции рассматриваемого устройства обслуживанием грузового локомотива i -й серии, ч;

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность постановки локомотивов на соответствующий вид обслуживания. Устанавливается по результатам обработки статистических данных. С допустимой погрешностью может быть принят равным 1,2–1,5;

m – количество позиций для обслуживания локомотивов, оборудованных на одном пути;

Φ – суточный фонд времени работы позиций, занятых выполнением рассматриваемого вида обслуживания локомотивов (при круглосуточной работе равен 24 ч), ч.

Величина, характеризующая суточную потребность в рассматриваемых устройствах для обслуживания локомотивов **негрузовых видов движения** (пассажирского, пригородного, локомотивов вывозных и передаточных, маневровых, толкачей и др.),

$$\Phi_{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^R M_{\text{сут},i}^{\text{нгр}} T_i^{\text{нгр}} \alpha_{\text{н}}}{m\Phi}, \quad (5.6)$$

где $M_{\text{сут},i}^{\text{нгр}}$ – количество локомотивов пассажирского парка, маневровых и

прочих (не занятых обслуживанием грузового, пассажирского и маневрового движения, например, передаточного, вывозного и другого вида) i -й серии, поступающих на соответствующий вид обслуживания (на рассматриваемые позиции);

$T_i^{\text{нгр}}$ – время занятия позиции рассматриваемого устройства обслуживанием локомотива i -й серии негрузовых видов движения.

Величина, характеризующая наличное количество рассматриваемых устройств, принятая для выполнения соответствующего вида обслуживания,

$$\varphi_{\text{н}} = P(1 - \epsilon), \quad (5.7)$$

где P – наличное число путей, специализированных для выполнения рассматриваемого вида обслуживания;

ρ – коэффициент, учитывающий перерывы в работе для обслуживания оборудования и непредвиденные отказы технических устройств (отказы компрессорной, поломки оборудования и др.),

$$\epsilon = \frac{\sum T_{\text{техн}}}{\Phi},$$

где $\sum T_{\text{техн}}$ – перерывы в работе рассматриваемых позиций для обслуживания и ремонта оборудования, а также связанные с непредвиденными отказами технических устройств, ч.

Количество локомотивов i -й серии, поступающих на экипировку и ТО-2 определяется по графику исполненного движения в среднем за сутки максимального месяца грузовых перевозок. В случае совмещения операций экипировки и ТО-2 общее количество обслуживаемых локомотивов составит:

- для грузового движения –

$$\sum_{i=1}^R M_{\text{сут},i}^{\text{гр}(\text{Э},\text{ТО-2})} = \sum_{i=1}^R M_{\text{сут},i}^{\text{гр},\text{Э}} + \sum_{i=1}^R M_{\text{сут},i}^{\text{гр},\text{ТО-2}}, \quad (5.8)$$

- для негрузовых видов движения –

$$\sum_{i=1}^R M_{\text{сут},i}^{\text{нгр}(\text{Э},\text{ТО-2})} = \sum_{i=1}^R M_{\text{сут},i}^{\text{нгр},\text{Э}} + \sum_{i=1}^R M_{\text{сут},i}^{\text{нгр},\text{ТО-2}}, \quad (5.9)$$

где $M_{\text{сут},i}^{\text{гр},\text{Э}}$, $M_{\text{сут},i}^{\text{гр},\text{ТО-2}}$ – среднесуточное количество локомотивов грузового парка i -й серии, поступающих соответственно на экипировку и ТО-2;

$M_{\text{сут},i}^{\text{нгр},\text{Э}}$, $M_{\text{сут},i}^{\text{нгр},\text{ТО-2}}$ – среднесуточное количество локомотивов негрузовых видов движения (пассажирского, пригородного, локомотивов вывозных и передаточных, маневровых, толкачей и др.) i -й серии, поступающих соответственно на экипировку и ТО-2.

При выполнении экипировки и ТО-2 на отдельных позициях коэффициенты φ_r и $\varphi_{п}$ по формулам (5.5) и (5.6) определяют отдельно для каждого вида обслуживания.

Продолжительность занятия позиций экипировки и ТО-2 обслуживанием локомотива i -й серии для грузового и негрузовых видов движения

$$T_i = (t_{н,i} + t_{под}) / 60, \quad (5.10)$$

где $t_{н,i}$ – нормативное время занятия устройства обслуживанием локомотива i -й серии. Принимается по нормам, установленным для каждого вида обслуживания локомотива i -й серии, на рассматриваемых устройствах, а при их отсутствии – по таблице 5.1, мин;

$t_{под}$ – продолжительность подготовительных операций перед постановкой локомотива на соответствующий вид обслуживания. Определяется в зависимости от местных условий по результатам хронометражных наблюдений, мин.

Т а б л и ц а 5.1

Тип локомотива	Время на обслуживание, мин		
	Полная экипировка	Частичная экипировка	ТО-2, совмещенное с экипировкой
Электровозы: ВЛ80 ^с ЧС4 ^т	20–30 –	15–20 –	90 120
Тепловозы: ТЭП70, ТЭП60 2М62 2ТЭ10, М62, ЧМЭ3	– 30–35 30–35	– 20–25 20–25	120 90 72
Дизель-поезда ДР1, ДРБ1	–	–	120
Электропоезда ЭР9	–	–	120

Техническое обслуживание ТО-3 и текущий ремонт ТР-1 выполняют в локомотивных депо, оснащенных специализированным оборудованием для плановых и неплановых ремонтов (соответственно, производство работ, предусмотренных регламентом ремонта, и устранение последствий отказов тепловозов в эксплуатации).

Техническое обслуживание ТО-3, текущий ремонт ТР-1 и неплановый ремонт (НР) могут выполняться как на позициях (в отдельных цехах), специально оборудованных для выполнения каждого из видов ремонта ТР-1 и НР и технического обслуживания ТО-3, так и на позициях (цехах) без специализации по видам ремонта, когда на всех ремонтных позициях депо могут выполняться ТО-3, ТР-1 и НР. Часто на позициях (в цехах) работы по выполнению ТО-3 совмещаются с НР, а ТР-1 выполняется на специализированных позициях (в отдельном цехе).

При расчете пропускной способности позиций для выполнения ТО-3, ТР-1 и НР учитываются приписные локомотивы, обслуживающие поездное движение и другие виды работ (маневровая, хозяйственная и др.).

Потребная и наличная пропускные способности позиций депо, предназначенных для выполнения ТО-3, ТР-1 и НР, определяют заданными нормативами по содержанию локомотивного парка в эксплуатации, назначенной периодичностью постановки локомотивов на техническое обслуживание и ремонты, уровнем отказов локомотивов, устанавливаемым по результатам обработки статистических данных.

Количество локомотивов i -й серии, поступающих для выполнения ТО-3, ТР-1, определяется при следующих условиях:

- в случае задания наработки между ТО-3, ТР-1 и ТР-2 в пробеге локомотива (тыс. км) – по среднесуточному пробегу приписных локомотивов и пробегу между ремонтами:

- для ТО-3 –

$$M_{\text{сут},i}^{\text{ТО-3}} = \sum_{i=1}^R \left(\frac{S_{\text{сут},i}}{L_i^{\text{ТО-3}}} - \frac{S_{\text{сут},i}}{L_i^{\text{ТР-1}}} \right), \quad (5.11)$$

- для ТР-1 –

$$M_{\text{сут},i}^{\text{ТР-1}} = \sum_{i=1}^R \left(\frac{S_{\text{сут},i}}{L_i^{\text{ТР-1}}} - \frac{S_{\text{сут},i}}{L_i^{\text{ТР-2}}} \right), \quad (5.12)$$

где $i = 1, 2, \dots, R$ – серии локомотивов, обслуживаемых на позициях;

$S_{\text{сут},i}$ – среднесуточный пробег приписных локомотивов i -й серии, поступающих на ТО-3 или ТР-1, лок · км;

$L_i^{\text{ТО-3}}, L_i^{\text{ТР-1}}, L_i^{\text{ТР-2}}$ – нормы пробегов локомотивов i -й серии соответственно между ремонтами ТО-3, ТР-1 и ТР-2, км;

- в случае задания наработки приписных локомотивов между ТО-3, ТР-1 и ТР-2 по межремонтному периоду:

- для ТО-3 –

$$M_{\text{сут}}^{\text{ТО-3}} = \sum_{i=1}^R \left(\frac{M_{\text{пр},i}^{\text{ТО-3}}}{\Phi_i^{\text{ТО-3}}} - \frac{M_{\text{пр},i}^{\text{ТО-3}}}{\Phi_i^{\text{ТР-1}}} \right), \quad (5.13)$$

- для ТР-1 –

$$M_{\text{сут}}^{\text{ТР-1}} = \sum_{i=1}^R \left(\frac{M_{\text{пр},i}^{\text{ТР-1}}}{\Phi_i^{\text{ТР-1}}} - \frac{M_{\text{пр},i}^{\text{ТР-1}}}{\Phi_i^{\text{ТР-2}}} \right), \quad (5.14)$$

где $i = 1, 2, \dots, R$ – серии локомотивов, обслуживаемых на позициях;

$M_{\text{пр},i}$ – количество приписных локомотивов i -й серии, поступающих на ТО-3 или ТР-1;

$\Phi_i^{\text{ТО-3}}, \Phi_i^{\text{ТР-1}}, \Phi_i^{\text{ТР-2}}$ – межремонтный период между ремонтами ТО-3, ТР-1 и ТР-2, сут, установленный для приписных локомотивов i -й серии. При применении норм $\Phi_i^{\text{ТО-3}}, \Phi_i^{\text{ТР-1}}, \Phi_i^{\text{ТР-2}}$ следует приводить их величину к одной единице измерения.

Нормы пробегов локомотивов между техническим обслуживанием ТО-3

и ремонтами ТР-1 и ТР-2, а также межремонтный период для локомотивов различных серий принимают по нормам, установленным для Белорусской железной дороги с учетом износа, или по результатам хронометражных наблюдений; при отсутствии данных – по средним нормам, приведенным в таблице 5.2.

Для дальнейших расчетов потребности в стойловой части депо используются большие из значений, полученных на основании расчетов по формулам (5.11)–(5.14).

Т а б л и ц а 5.2

Вид и серия подвижного состава	Нормы пробега, тыс. км, или продолжительность работы между					
	техническими обслуживаниями ТО-3 (тыс. км / сут)	текущими ремонтами, тыс. км / мес., лет			капитальными ремонтами, тыс. км / лет	
		ТР-1	ТР-2	ТР-3	КР-1	КР-2
Тепловозы пассажирские: ТЭП60, ТЭП 70	7,5 / 18 10,0 / 21	37,5 / 3 50,0 / 3,6	150 / 9 200 / 15	300 / 18 400 / 30	900 / 5 800 / 6	1800 / 10 1600 / 9
Тепловозы грузовые: 2ТЭ10, М62, 2М62	7,5 / 20	30 / 2,5	120 / 10	240 / 20	720 / 5	1440 / 10
Тепловозы маневровые, вывозные и передаточные: ЧМЭЗ, ТГМЗ	- / 30 - / 10	- / 7,5 - / 2,0	- / 15 - / 8	- / 30 - / 16	- / 7,5 - / 5,0	- / 15 - / 10
Электровозы пассажирские ЧС4 ^Т	- / 14	- / 28 сут.	175 / -	350 / -	700 / -	2100 / -
Электровозы грузовые ВЛ80 ^С	-	14 / -	200 / -	400 / -	800 / -	2400 / -
Дизель-поезда: ДР1, ДР1П, ДР1А ДРБ 1	- / 10 - / 10	- / 2 - / 2	100 / 12 120 / 10	200 / 24 240 / 20	600 / 5 720 / 5	1200 / 10 1440 / 10
Электропоезда ЭР9 всех индексов	- / 5	- / 50 сут.	175 / -	350 / -	700 / 4	2100 / 12
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 В календарный срок включается только время нахождения тягового подвижного состава в эксплуатируемом парке.</p> <p>2 Постановка на ТО и ТР производится при достижении первого из нормируемых показателей – пробега (числитель) или календарного срока (знаменатель), перспективное планирование ТО и ТР – по временному показателю (знаменатель).</p> <p>3 Нормы межремонтных периодов локомотивов и МВПС установлены приказом № 14 Н от 12.02.1996 г.</p>						

Количество локомотивов *i*-й серии всех видов, поступающих на неплатные ремонты (годовое количество не должно превышать 6,8 % от всего объема работы локомотивного депо за год), можно определить из выражения

$$M_{\text{сут}}^{\text{НР}} = \frac{Y l_{\text{ср}}}{10^6}, \quad (5.15)$$

где Y – число неплановых ремонтов на измеритель 10^6 км пробега (задается для конкретного депо управлением дороги);

$l_{\text{ср}}$ – суммарный среднесуточный пробег локомотивов данного депо, км.

Если выполнение НР производится совмещенно с ТО-3 или ТО-3 и ТР-1, то это влечет за собой снижение наличной пропускной способности соответствующих позиций для выполнения планового ремонта поездных локомотивов; величина времени занятия позиций учитывается как увеличение перерывов в работе позиций ТО-3 и ТР-1 соответственно для обслуживания и ремонта оборудования на величину $M_{\text{сут}}^{\text{НР}}$, $t_{\text{зан}}^{\text{НР}}$, ($t_{\text{зан}}^{\text{НР}}$ – средневзвешенное время занятия позиции НР обслуживанием одного локомотива, ч; определяется как средневзвешенная величина по результатам хронометражных наблюдений):

$$t_{\text{зан}}^{\text{НР}} = \frac{\sum_{i=1}^R M_{\text{сут } i}^{\text{НР}} t_i^{\text{НР}}}{\sum_{i=1}^R M_{\text{сут } i}^{\text{НР}}}, \quad (5.16)$$

где $t_i^{\text{НР}}$ – время занятия позиции НР обслуживанием одного локомотива i -й серии, ч).

Продолжительность занятия позиций технического обслуживания ТО-3 и текущего ремонта ТР-1 локомотивом i -й серии для грузового и негрузового видов движения

$$T_i = t_{\text{н},i} + t_{\text{подг}}, \quad (5.17)$$

где $t_{\text{н},i}$ – нормативное время нахождения локомотива i -й серии на ТО-3 или ТР-1, ч. Принимается по нормам, установленным для каждого вида обслуживания и ремонта локомотива i -й серии по таблице 5.3.

$t_{\text{подг}}$ – продолжительность подготовительных операций перед постановкой локомотива на ТО-3 или ТР-1, и определяется в зависимости от местных условий по результатам хронометражных наблюдений.

Величины параметров $\varphi_{\text{Г}}$, $\varphi_{\text{Н}}$ и $\varphi_{\text{П}}$ для ТО-3 и ТР-1 определяют по формулам (5.5)–(5.7). При совмещении выполнения ТО-3, ТР-1 и НР на общих позициях учитывают приписные локомотивы всех видов движения (поездное, маневровая и хозяйственная работа и др.).

Пример 5.1. Определить наличную пропускную способность позиций: экипировки, технического обслуживания ТО-2, ТО-3 и текущего ремонта ТР-1 локомотивного хозяйства, специализированного для обеспечения грузового движения.

Среднесуточное количество поступающих на обслуживание поездных локомотивов по видам движения (грузовое – $2\text{ТЭ}10^{\text{Г}}$, $2\text{М} 62$, $2\text{ТЭ}10^{\text{М}}$; пассажирское –

ТЭП60; передаточное – ЧМЭЗ), а также локомотивов, выполняющих маневровую и хозяйственную работу, приведено в таблице 5.4.

Т а б л и ц а 5.3

Локомотивы	ТО-3, ч	ТР-1, ч	ТР-2, сут	ТР-3, сут	КР-1, сут	КР-2, сут
Электровозы:						
ВЛ80 ^С	–	15	2	7	20	
ЧС4 ^Т	7	15	2	–	–	
Тепловозы:						
ТЭП70, ТЭП60,	10	36	9	12	20	
2ТЭ10,	10	40	9	10	22	
2М62/М62,	8	36	10	15	22	
ЧМЭЗ	5	24	6	8	20	
Дизель-поезда:						
ДР1,	7	24	12	15	25	
ДРБ1	4	36	10	15	25	
Электропоезда ЭР9	4	11	2,5	6	20	
<i>Примечания</i>						
1 Норма простоя для тепловозов и электровозов установлена на единицу, кроме тепловозов серий ТЭП60 и М62, норма простоя на которые для КР-1 в условиях депо, ТР-2, ТР-3 установлена в секциях.						
2 Норма простоя для электропоездов установлена на секцию при выполнении КР-1 в условиях депо, ТР-1, ТР-2, ТР-3 и ТО-3; для дизель-поездов – на секцию при выполнении КР-1 в условиях депо и на весь поезд при выполнении ТР-1, ТР-2, ТР-3 и ТО-3.						

Т а б л и ц а 5.4

Наименование операций	2ТЭ10 ^У (экипировка, ТО-2, ТО-3, ТР-1)	экипировка			
		2М62	2ТЭ10 ^М	ЧМЭЗ	ТЭП60
1 Обслуживание в депо локомотивов:					
- поездных грузового парка	10	4	8	–	7
- угловых передач	–	–	–	1	–
- маневровых внутриузловых передач	–	–	–	3	–
- выполняющих маневровую и хозяйственную работы	–	–	–	5	–
- поездных пассажирского парка	–	–	–	–	7
2 Эксплуатируемый парк приписных локомотивов	48	8	–	20	–

Локомотивное хозяйство производит экипировку и техническое обслуживание ТО-2 всех серий локомотивов, а также техническое обслуживание ТО-3 и текущий ремонт ТР-1 эксплуатируемых приписных локомотивов грузового парка серий 2ТЭ10^У, 2М62 и маневровых локомотивов серии ЧМЭЗ.

Число путей, специализированных:

- для экипировки и ТО-2 – два с размещением на каждом двух позиций;
- обслуживания ТО-3 – два с размещением на каждом двух позиций;
- текущего ремонта ТР-1 – один с размещением на пути двух позиций.

Продолжительность работы цехов экипировки, ТО-3 и текущего ремонта – 24 ч.

Р е ш е н и е. 1 Пропускная способность позиций экипировки и ТО-2.

Суточную потребность в устройствах экипировки и проведения ТО-2 для локомотивов, обеспечивающих грузовое движение, определяют по формуле (5.5), которая принимает вид

$$\Phi_r^{(\text{э,ТО-2})} = \frac{(M_{\text{сут,2ТЭ10}}^{(\text{э,ТО-2})} T_{2ТЭ10}^{(\text{э,ТО-2})} + M_{\text{сут,2М62}}^{(\text{э,ТО-2})} T_{\text{сут,2М62}}^{(\text{э,ТО-2})} + M_{\text{сут,2ТЭ10}^M}^{(\text{э,ТО-2})} T_{2ТЭ10}^{(\text{э,ТО-2})}) \delta_n}{m\Phi}.$$

В соответствии с исходными данными (см. таблицу 5.4) на экипировку и ТО-2 поступают следующее количество локомотивов грузового парка: $M_{\text{сут,2ТЭ10}}^{(\text{э,ТО-2})} = 10$ лок., $M_{\text{сут,2М62}}^{(\text{э,ТО-2})} = 4$ лок. и $M_{\text{сут,2ТЭ10}^M}^{(\text{э,ТО-2})} = 8$ локомотивов. Продолжительность занятия позиции экипировки и ТО-2 (см. таблицу 5.1) для перечисленных серий локомотивов составляет 72 мин, время на подготовительные операции – 6 мин. Тогда $T^{(\text{э,ТО-2})}$ для всех локомотивов составит $72 + 6 = 78$ мин, или 1,3 ч.

Подставляя исходные данные в формулу (5.5), получим при $\alpha_n = 1,3$

$$\Phi_r^{(\text{э,ТО-2})} = \frac{(10 + 4 + 8) \cdot 1,3 \cdot 1,3}{2 \cdot 24} = 0,77 \text{ пути.}$$

Суточная потребность в устройствах экипировки и ТО-2 для обслуживания локомотивов негрузовых видов движения определяют по формуле (5.6), принимающей вид

$$\Phi_{II}^{(\text{э,ТО-2})} = \frac{(M_{\text{сут,ТЭП60}}^{(\text{э,ТО-2})} T_{\text{ТЭП60}}^{(\text{э,ТО-2})} + M_{\text{сут,ЧМЭЗ}}^{(\text{э,ТО-2})} T_{\text{ЧМЭЗ}}^{(\text{э,ТО-2})}) \delta_n}{m\Phi}.$$

Число локомотивов негрузовых видов движения согласно таблице 5.4 составляет: $M_{\text{сут,ТЭП60}}^{(\text{э,ТО-2})} = 7$ лок., $M_{\text{сут,ЧМЭЗ}}^{(\text{э,ТО-2})} = 9$ лок. Продолжительность занятия позиций экипировки и ТО-2 с учетом времени на подготовительные операции (см. таблицу 5.1) составит: $T_{\text{ТЭП60}}^{(\text{э,ТО-2})} = 126$ мин = 2,1 ч; $T_{\text{ЧМЭЗ}}^{(\text{э,ТО-2})} = 66$ мин = 1,1 ч.

Тогда

$$\Phi_{II}^{(\text{э,ТО-2})} = \frac{(7 \cdot 2,1 + 9 \cdot 1,1) \cdot 1,3}{2 \cdot 24} = 0,67 \text{ пути.}$$

Величину, характеризующую наличное количество устройств экипировки и ТО-2, определяют с использованием формулы (5.7)

По условию примера $P^{(\text{э,ТО-2})} = 2$ пути. Тогда при $\sum T_{\text{техн}} = 2,0$ ч

$$c^{(\text{э,ТО-2})} = \frac{\sum T_{\text{техн}}}{\Phi} = \frac{2,0}{24} = 0,08.$$

Следовательно,

$$\Phi_n^{(\text{э,ТО-2})} = c^{(\text{э,ТО-2})} 2(1 - c^{(\text{э,ТО-2})}) = 2 \cdot (1 - 0,08) = 1,84 \text{ пути.}$$

Коэффициент использования пропускной способности устройств экипировки и ТО-2 по формуле (5.4) составит

$$K^{(\text{э.ТО-2})} = \frac{\Phi_r^{(\text{э.ТО-2})}}{\Phi_n^{(\text{э.ТО-2})} - \Phi_n^{(\text{э.ТО-2})}} = \frac{0,77}{1,84 - 0,67} = 0,66.$$

Наличная пропускная способность устройств экипировки и ТО-2 по формуле (5.1)

$$M_m^{(\text{э.ТО-2})} = \frac{N_{\text{л.сут}}^{(\text{э.ТО-2})}}{K^{(\text{э.ТО-2})}} = \frac{22}{0,66} = 33 \text{ лок.}$$

2 Пропускная способность позиций технического обслуживания ТО-3 и текущего ремонта ТР-1.

Известно, что ТО-3 и ремонт ТР-1 производят локомотивам, приписанным к данному депо. Количество локомотивов, подлежащих этим видам обслуживания, согласно данным таблицы 5.4 составляет:

- грузовое движение –

$$M_{\text{пр.2ТЭ10}}^{\text{ТО-3}} = 48 \text{ лок, } M_{\text{пр.2М62}}^{\text{ТО-3}} = 8 \text{ лок.}$$

- негрузовое движение –

$$M_{\text{пр.ЧМЭЗ}}^{\text{ТО-3}} = 20 \text{ лок.}$$

Количество локомотивов, поступающих для выполнения ТО-3 и ТР-1 за сутки, определяют исходя из продолжительности их работы в период между ремонтами ТО-3, ТР-1 и ТР-2 [используя формулы (5.13), (5.14) и данные таблицы 5.2 пособия].

Число локомотивов, подлежащих техническому обслуживанию ТО-3 за сутки:

- грузового движения –

$$M_{\text{сут.2ТЭ10}}^{\text{ТО-3}} = \frac{M_{\text{пр.2ТЭ10}}^{\text{ТО-3}}}{\tau_{2ТЭ10}^{\text{ТО-3}}} - \frac{M_{\text{пр.2ТЭ10}}^{\text{ТО-3}}}{\tau_{ТР-1}^{\text{ТО-3}}} = \frac{48}{20} - \frac{48}{2,5 \cdot 30} = 1,76 \text{ лок/сут,}$$

$$M_{\text{сут.2М62}}^{\text{ТО-3}} = \frac{M_{\text{пр.2М62}}^{\text{ТО-3}}}{\tau_{2М62}^{\text{ТО-3}}} - \frac{M_{\text{пр.2М62}}^{\text{ТО-3}}}{\tau_{ТР-1}^{\text{ТО-3}}} = \frac{8}{20} - \frac{8}{2,5 \cdot 30} = 0,3 \text{ лок/сут,}$$

- негрузового направления –

$$M_{\text{сут.ЧМЭЗ}}^{\text{ТО-3}} = \frac{M_{\text{пр.ЧМЭЗ}}^{\text{ТО-3}}}{\tau_{ЧМЭЗ}^{\text{ТО-3}}} - \frac{M_{\text{пр.ЧМЭЗ}}^{\text{ТО-3}}}{\tau_{ТР-1}^{\text{ТО-3}}} = \frac{20}{30} - \frac{20}{7,5 \cdot 30} = 0,58 \text{ лок/сут.}$$

Суточную потребность в устройствах для проведения ТО-3 определяют аналогично формулам (5.5), (5.6) при условии что $\alpha_n = 1,3$, $t_{\text{под}} = 0,3$ ч:

- для локомотивов грузового движения –

$$\Phi_r^{\text{ТО-3}} = \frac{(M_{\text{сут.2ТЭ10}}^{\text{ТО-3}} T_{2ТЭ10}^{\text{ТО-3}} + M_{\text{сут.2М62}}^{\text{ТО-3}} T_{2М62}^{\text{ТО-3}}) \beta_n}{m\Phi} = \frac{(1,76 \cdot 10,3 + 0,3 \cdot 8,3) \cdot 1,3}{2 \cdot 24} = 0,56 \text{ пути;}$$

- для локомотивов негрузового движения –

$$\Phi_n^{\text{ТО-3}} = \frac{M_{\text{сут.ЧМЭЗ}}^{\text{ТО-3}} T_{ЧМЭЗ}^{\text{ТО-3}} \beta_n}{m\Phi} = \frac{0,58 \cdot 5,3 \cdot 1,3}{2 \cdot 24} = 0,08 \text{ пути.}$$

Наличное количество путей по условию примера составляет два, а с учетом перерывов в их работе при $\rho = 0,08$ [по формуле (5.7)]

$$\Phi_n^{\text{ТО-3}} = P^{\text{ТО-3}} (1 - c^{\text{ТО-3}}) = 2(0,08) = 1,84 \text{ пути.}$$

Тогда по [формулам (5.4), (5.1)]

$$K^{\text{ТО-3}} = \frac{\varphi_r^{\text{ТО-3}}}{\varphi_n^{\text{ТО-3}} - \varphi_n^{\text{ТО-3}}} = \frac{0,56}{1,84 - 0,08} = 0,32,$$

$$а M_M^{\text{ТО-3}} = \frac{M_{\text{л.сут}}^{\text{ТО-3}}}{K^{\text{ТО-3}}} = \frac{1,76 + 0,3}{0,32} = 6,4 \text{ лок/сут},$$

$$\text{где } M_{\text{л.сут}}^{\text{ТО-3}} = M_{\text{сут.2ТЭ10}}^{\text{ТО-3}} + M_{\text{сут.2М62}}^{\text{ТО-3}}.$$

Среднесуточное количество локомотивов, подлежащих текущему ремонту ТР-1, определяется с использованием формулы (5.14) и данных таблицы 5.2:

- грузового движения –

$$M_{\text{сут.2ТЭ10}}^{\text{ТР-1}} = \frac{M_{\text{пр.2ТЭ10}}^{\text{ТР-1}}}{\tau_{\text{2ТЭ10}}^{\text{ТР-1}}} - \frac{M_{\text{пр.2ТЭ10}}^{\text{ТР-2}}}{\tau_{\text{2ТЭ10}}^{\text{ТР-2}}} = \frac{48}{2,5 \cdot 30} - \frac{48}{10 \cdot 30} = 0,48 \text{ лок/сут};$$

$$M_{\text{сут.2М62}}^{\text{ТР-1}} = \frac{M_{\text{пр.2М62}}^{\text{ТР-1}}}{\tau_{\text{2М62}}^{\text{ТР-1}}} - \frac{M_{\text{пр.2М62}}^{\text{ТР-2}}}{\tau_{\text{2М62}}^{\text{ТР-2}}} = \frac{8}{2,5 \cdot 30} - \frac{8}{10 \cdot 30} = 0,07 \text{ лок/сут};$$

- негрузового движения –

$$M_{\text{сут.ЧМЭ3}}^{\text{ТР-1}} = \frac{M_{\text{пр.ЧМЭ3}}^{\text{ТР-1}}}{\tau_{\text{ЧМЭ3}}^{\text{ТР-1}}} - \frac{M_{\text{пр.ЧМЭ3}}^{\text{ТР-2}}}{\tau_{\text{ЧМЭ3}}^{\text{ТР-2}}} = \frac{20}{7,5 \cdot 30} - \frac{20}{15 \cdot 30} = 0,06 \text{ лок/сут}.$$

Потребность в устройствах для выполнения текущего ремонта ТР-1 в течение суток определяют аналогично ТО-3:

$$\varphi_r^{\text{ТР-1}} = \frac{(M_{\text{сут.2ТЭ10}}^{\text{ТР-1}} \cdot T_{\text{2ТЭ10}}^{\text{ТР-1}} + M_{\text{сут.2М62}}^{\text{ТР-1}} \cdot T_{\text{2М62}}^{\text{ТР-1}}) \delta_n}{m\Phi}; \quad \varphi_n^{\text{ТР-1}} = \frac{M_{\text{сут.ЧМЭ3}}^{\text{ТР-1}} \cdot T_{\text{ЧМЭ3}}^{\text{ТР-1}} \delta_n}{m\Phi}.$$

Величина $T^{\text{ТР-1}}$, принимается по таблице 5.3. Для рассматриваемых серий локомотивов с учетом продолжительности подготовительных операций $t_{\text{подг}} = 0,5$ ч: $T_{\text{2ТЭ10}}^{\text{ТР-1}} = 40,5$ ч, $T_{\text{2М62}}^{\text{ТР-1}} = 36,5$ ч и $T_{\text{ЧМЭ3}}^{\text{ТР-1}} = 24,5$ ч.

Подставляя расчетные величины в формулы (5.5), (5.6), при $\alpha_n = 1,3$ получим

$$\varphi_r^{\text{ТР-1}} = \frac{(0,48 \cdot 40,5 + 0,07 \cdot 36,5) \cdot 1,3}{2 \cdot 24} = 0,60 \text{ пути}, \quad \varphi_n^{\text{ТР-1}} = \frac{0,07 \cdot 24,5 \cdot 1,3}{2 \cdot 24} = 0,05 \text{ пути}.$$

Наличное число путей (по условию примера – один) с учетом технических и технологических перерывов, равных 1,0 ч [см. формулу (5.7)],

$$\varphi_n^{\text{ТР-1}} = P^{\text{ТР-1}}(1 - c^{\text{ТР-1}}) = 1(1 - 1,0/16) = 0,94 \text{ пути}.$$

Коэффициент использования пропускной способности устройств ТР-1 по формуле (5.4) составит

$$K^{\text{ТР-1}} = \frac{\varphi_r^{\text{ТР-1}}}{\varphi_n^{\text{ТР-1}} - \varphi_n^{\text{ТР-1}}} = \frac{0,60}{0,94 - 0,05} = 0,67.$$

Наличная пропускная способность устройств ТР-1 локомотивов, обслуживающих грузовое движение,

$$M_M^{\text{ТР-1}} = \frac{M_{\text{л.сут}}^{\text{ТР-1}}}{K^{\text{ТР-1}}} = \frac{0,48 + 0,07}{0,67} = 0,82 \text{ лок/сут}.$$

5.3 Пропускная способность устройств топливоснабжения

Суточную потребность в топливе для обеспечения заданных размеров движения определяют по каждому пункту экипировки локомотивов отдельно для снабжения грузовых, пассажирских и непоездных видов локомотивов.

Расход дизельного топлива грузовыми и пассажирскими локомотивами устанавливают в зависимости от типа и серии локомотива, массы поезда, характера профиля пути, графика движения и времени хода поездов по участку, а также климатических условий. Для остальных видов движения при отсутствии установленных норм расход топлива рассчитывают по фактическому его расходу локомотивами, обслуживающими эти виды движения.

Для расчета коэффициента использования пропускной способности устройств топливоснабжения необходимо определить параметры:

а) учитывающие среднесуточный потребный расход топлива для обеспечения поездных локомотивов:

- поездных грузового движения;
- i -й серии негрузовых видов движения (пассажирских, пригородных, вывозных, передаточных, маневровых хозяйственных и др.) и на проведение реостатных испытаний;

б) характеризующий суточную наличную производительность устройств топливоснабжения.

Параметр, учитывающий среднесуточный потребный расход топлива для обеспечения поездных локомотивов грузового движения в данном пункте экипировки,

$$\Phi_{\Gamma}^{\tau} = \left(\sum_{i=1}^R S_{\text{сут},i}^{\text{гр}} Q_i^{\text{гр}} q_{\tau,i}^{\text{гр}} \cdot 10^{-7} + \sum_{i=1}^R S_{\text{сут},i}^{\text{гр(пез)}} q_{\tau,i}^{\text{гр(пез)}} \cdot 10^{-5} \right) - \Phi_{\Gamma,\text{лр}}^{\tau} + \Phi_{\Gamma,\text{об}}^{\tau}, \quad (5.18)$$

где $i = 1, 2, \dots, R$ – серии локомотивов, экипируемые топливом в данном пункте;

$S_{\text{сут},i}^{\text{гр}}$ – среднесуточный пробег с поездами локомотивов грузового парка i -й серии, приписанных к данному депо, лок · км;

$Q_i^{\text{гр}}$ – средневзвешенная масса поезда брутто, ведомого локомотивом грузового парка i -й серии, т;

$q_{\tau,i}^{\text{гр}}$ – норма расхода натурального топлива поездным локомотивом грузового парка на 10 тыс. т · км брутто, зависящая от i -й серии локомотива, массы поезда и профиля пути участка обращения, кг;

$S_{\text{сут},i}^{\text{гр(пез)}}$ – среднесуточный резервный пробег локомотивов грузового парка i -й серии, приписанных к данному депо, лок · км;

- $q_{Ti}^{\text{гр(рез)}}$ – норма расхода натурального топлива поездным локомотивом грузового парка i -й серии на 100 км резервного пробега, кг;
- $\Phi_{\text{г,пр}}^{\text{т}}, \Phi_{\text{г,об}}^{\text{т}}$ – параметры, учитывающие набор топлива в среднем в сутки соответственно приписными локомотивами грузового парка в пунктах оборота и в данном пункте экипировки локомотивами грузового парка, приписанными к другим депо. Величину параметров $\Phi_{\text{г,пр}}^{\text{т}}, \Phi_{\text{г,об}}^{\text{т}}$ устанавливают по статистическим данным.

Параметр, учитывающий среднесуточный потребный расход топлива для обеспечения локомотивов i -й серии негрузовых видов движения (пассажирских, пригородных, вывозных, передаточных, маневровых, хозяйственных и др.) и на проведение реостатных испытаний,

$$\Phi_{\text{п}}^{\text{т}} = \left(\sum_{i=1}^R S_{\text{сут},i}^{\text{пас}} Q_i^{\text{пас}} q_{\text{т},i}^{\text{пас}} \cdot 10^{-7} + \sum_{i=1}^R S_{\text{сут},i}^{\text{пас(рез)}} q_{\text{т},i}^{\text{пас(рез)}} \cdot 10^{-5} \right) + \left(\sum_{i=1}^R M_{\text{т},i}^{\text{пр}} q_{\text{т},i}^{\text{пр}} + \sum_{i=1}^R (M_{\text{сут},i}^{\text{ТР-3}} + M_{\text{сут},i}^{\text{ТР-2}}) q'_{\text{т},i} + \sum_{i=1}^R M_{\text{сут},i}^{\text{ТР-1}} q''_{\text{т},i} \right) \cdot 10^{-3} - (\Phi_{\text{п,пр}}^{\text{т}} + \Phi_{\text{п,об}}^{\text{т}}), \quad (5.19)$$

- где $S_{\text{сут},i}^{\text{пас}}$ – среднесуточный пробег с пассажирскими (пригородными) поездами локомотивов i -й серии, приписанных к данному депо, лок · км;
- $Q_i^{\text{пас}}$ – средневзвешенная масса пассажирского (пригородного) поезда брутто, ведомого локомотивом i -й серии, т;
- $q_{\text{т},i}^{\text{пас}}$ – норма расхода натурального топлива локомотивом пассажирского парка i -й серии на 10 тыс. т · км брутто, кг;
- $S_{\text{сут},i}^{\text{пас(рез)}}$ – среднесуточный резервный пробег локомотивов пассажирского парка i -й серии, лок · км;
- $q_{\text{т},i}^{\text{пас(рез)}}$ – норма расхода натурального топлива локомотивом i -й серии пассажирского парка на 100 км резервного пробега, кг;
- $M_{\text{т},i}^{\text{пр}}$ – среднесуточное количество прочих (маневровых, передаточных, вывозных, хозяйственных и других видов) приписных локомотивов i -й серии, экипированных топливом;
- $q_{\text{т},i}^{\text{пр}}$ – часовая норма расхода топлива прочими локомотивами i -й серии, кг;
- $t_i^{\text{пр}}$ – время работы соответственно прочих локомотивов i -й серии в течение суток, ч;
- $M_{\text{сут},i}^{\text{ТР-1}}, M_{\text{сут},i}^{\text{ТР-2}}, M_{\text{сут},i}^{\text{ТР-3}}$ – среднесуточное количество приписных локомотивов

i -й серии, поступающих на текущие ремонты ТР-1, ТР-2 и ТР-3 соответственно, после которых проводятся реостатные испытания;

q'_{Ti}, q''_{Ti} – нормы расхода дизельного топлива при реостатных испытаниях после текущих ремонтов ТР-2 (или ТР-3) и ТР-1, кг;

$\Phi_{п,пр}^T, \Phi_{п,об}^T$ – параметры, учитывающие набор топлива в среднем в сутки локомотивами пассажирского парка, приписанными к пунктам оборота, и в пункте экипировки локомотивами, приписанными к другим депо, т. Величины параметров $\Phi_{п,пр}^T, \Phi_{п,об}^T$ определяют аналогично, как и для локомотивов грузового парка.

Параметр, характеризующий суточную наличную производительность топливораздаточных устройств,

$$\Phi_H^T = c_{тч} m_T (24 - \sum I_{техн}^T), \quad (5.20)$$

где $c_{тч}$ – часовая производительность топливораздаточного устройства, т/ч;

m_T – количество топливораздаточных устройств, обслуживающих локомотивы;

$\sum I_{техн}^T$ – перерывы в работе указанных устройств по обслуживанию и ремонту оборудования. Определяется по результатам хронометражных наблюдений, если не установлено технологическим процессом, ч.

Значения параметров $\Phi_{п}^T, \Phi_{г}^T$ могут быть определены по результатам обработки статистических данных о количестве израсходованного топлива на экипировку локомотивов различных видов на рассматриваемом пункте экипировки за месяц максимальных грузовых перевозок.

Пример 5.2. Для условий примера 5.1 определить наличную пропускную способность устройств топливоснабжения. Производительность одной топливораздаточной колонки составляет 15 т/ч. Другие исходные данные, необходимые для расчета, принимаются из таблицы 5.5.

Решение. В соответствии с подразд. 5.3 параметр, учитывающий среднесуточный потребный расход топлива для обеспечения поездных локомотивов грузового движения, используя формулу (5.18) находим из выражения

$$\Phi_{г}^T = \left(S_{сут,2ТЭ10}^{гп} Q_{2ТЭ10}^{гп} q_{т,2ТЭ10}^{гп} \cdot 10^{-7} + S_{сут,2М62}^{гп} Q_{2М62}^{гп} q_{т,2М62}^{гп} \cdot 10^{-7} + S_{сут}^{гп(рез)} Q_{г}^{гп(рез)} q_{г}^{гп(рез)} \cdot 10^{-5} \right) - \Phi_{г,пр}^T + \Phi_{г,об}^T.$$

После подстановки исходных данных в эту формулу при условии, что $\Phi_{г,пр}^T \approx \Phi_{г,об}^T$, получим

$$\varphi_r = 4400 \cdot 3500 \cdot 36,88 \cdot 10^{-7} + 1680 \cdot 2800 \cdot 26,34 \cdot 10^{-7} + 3520 \cdot 3500 \cdot 36,88 \cdot 10^{-7} + 1280 \cdot 115,5 \cdot 10^{-5} = 116,1 \text{ т/сут.}$$

Т а б л и ц а 5.5

Наименование операций	2ТЭ10У (экипировка, ТО-2, ТО-3, ТР-1)	2М62	2ТЭ10М	ЧМЭЗ	ТЭП60
	экипировка				
1 Часовая норма расхода топлива маневровыми и прочими локомотивами, кг/ч				38	
2 Время работы маневрового и прочих локомотивов в течение суток, ч				21,0	
3 Нормы расхода дизельного топлива при реостатных испытаниях после текущего ремонта ТР-1, кг	400	400			
4 Максимальная норма расхода песка, м ³ , на 1 млн т · км брутто, зависящий от массы поезда (II тип профиля пути)	0,26	0,24	0,26		0,13
5 Расход песка маневровыми и прочими локомотивами, м ³ /ч				0,003	
6 Среднесуточный рабочий пробег локомотивов, лок · км	4400	1680	3520		3360
7 Средневзвешенная масса поезда брутто, т	3500	2800	3500		780
8 Норма расхода натурального топлива, кг/10 тыс. т · км брутто, за-висящий от массы поезда (II тип профиля пути)	36,88	26,34	36,88		60,1
9 Среднесуточный резервный пробег локомотивов	1280	1280			
10 Норма расхода натурального топлива поездным локомотивом грузового парка на 100 км резервного пробега, кг	115,5	115,5			

Параметр, учитывающий среднесуточный потребный расход топлива для обеспечения локомотивов негрузовых видов движения и на проведение реостатных испытаний, определяют по формуле (5.19) при условии, что $\Phi_{п,пр}^T \approx \Phi_{п,об}^T$:

$$\begin{aligned} \Phi_{п}^T &= S_{сут}^{пас} Q_{ТЭП60}^{пр} q_{т,ТЭП60}^{пр} \cdot 10^{-7} + (A_{т,ЧМЭЗ}^{пр} \cdot Q_{т,ЧМЭЗ}^{пр} t_{ЧМЭЗ}^{пр} + A_{сут}^{ТР-1} q_{т}^{ТР-1}) \cdot 10^{-3} = \\ &= 3360 \cdot 780 \cdot 60,1 \cdot 10^{-7} + (9 \cdot 38 \cdot 21 + 0,62 \cdot 400) \cdot 10^{-3} = 23,2 \text{ т/сут.} \end{aligned}$$

Величину параметра, характеризующего суточную производительность топливораздаточных устройств, с учетом перерывов в их работе для обслуживания и ремонта $\sum t_{\text{техн}}^T = 1,0$ ч, расположенных на двух путях экипировки при двух позициях на каждом составляет $m_T = 8$ (на каждую секцию тепловоза по одному) (формула 5.20), при часовой производительности топливораздаточной колонки $P_{\text{ТЧ}} = 15$ т/ч, по формуле 5.20 составляет

$$\Phi_n^T = P_{\text{ТЧ}} m_T (24 - \sum t_{\text{техн}}^T) = 15 \cdot 8 (24 - 1) = 2760 \text{ т/сут.}$$

Коэффициент использования пропускной способности топливораздаточных устройств [см. формулу (5.4)]

$$K_T = \frac{116,1}{2760 - 23,2} = 0,04.$$

Пропускная способность топливораздаточных устройств в локомотивах [см. формулу (5.1)], при условии, что две секции тепловоза заправляются одновременно, составит

$$n_i = \frac{N_{\text{л}}^{\text{пр}}}{K_T \cdot 2} = \frac{22}{0,08} = 275 \text{ лок/сут.}$$

5.4 Пропускная способность устройств пескоснабжения

Суточную потребность в песке для обеспечения заданных размеров движения определяют по каждому пункту экипировки локомотивов отдельно для снабжения грузовых, пассажирских и непоездных локомотивов.

Расход песка грузовыми и пассажирскими локомотивами зависит от массы поезда, одиночной и двойной тяги, числа пар поездов на прилегающих участках. Для остальных видов движения при отсутствии установленных норм расход песка рассчитывают по фактическому его расходу локомотивами, обслуживающими эти виды движения.

Для расчета коэффициента использования пропускной способности устройств пескоснабжения необходимо определить:

а) параметры, учитывающие среднесуточный потребный расход песка для обеспечения:

- поездных локомотивов грузового движения;
- локомотивов i -й серии негрузовых видов движения (пассажирских, пригородных, вывозных, передаточных, хозяйственных, маневровых и др.);

б) параметр, характеризующий суточную наличную производительность пескораздаточных устройств.

Параметр, учитывающий среднесуточный потребный расход песка для обеспечения поездных локомотивов грузового движения в данном пункте экипировки,

$$\Phi_{\Gamma}^{\text{п}} = \sum_{i=1}^R S_{\text{сут},i}^{\text{гр}} Q_i^{\text{гр}} q_{\text{п},i}^{\text{гр}} 10^{-6} - \Phi_{\Gamma,\text{пр}}^{\text{п}} + \Phi_{\Gamma,\text{об}}^{\text{п}}, \quad (5.21)$$

где $i = 1, 2, \dots, R$ – серии локомотивов, экипируемые песком в данном пункте;

$S_{\text{сут},i}^{\text{гр}}$ – среднесуточный пробег с поездами локомотивов грузового парка i -й серии, приписанных к данному депо, лок · км;

$Q_i^{\text{гр}}$ – средневзвешенная масса поезда брутто, ведомого локомотивом грузового парка i -й серии, т;

$q_{\text{п},i}^{\text{гр}}$ – норма расхода песка поездным локомотивом грузового парка на 1 млн т · км брутто, зависящая от i -й серии локомотива, массы поезда и профиля пути участка, м³;

$\Phi_{\Gamma,\text{пр}}^{\text{п}}$ – параметр, учитывающий набор песка в среднем в сутки приписными локомотивами грузового парка в пунктах оборота, м³;

$\Phi_{\Gamma,\text{об}}^{\text{п}}$ – параметр, учитывающий набор песка в среднем в сутки в данном пункте экипировки локомотивами грузового парка, приписанными к другим депо, м³. Величины $\Phi_{\Gamma,\text{пр}}^{\text{п}}$, $\Phi_{\Gamma,\text{об}}^{\text{п}}$ устанавливаются по статистическим данным.

Параметр, учитывающий среднесуточный потребный расход песка для обеспечения локомотивов i -й серии негрузовых видов движения (пассажирских, пригородных, вывозных, передаточных, хозяйственных, маневровых и др.),

$$\Phi_{\Gamma}^{\text{п}} = \sum_{i=1}^R S_{\text{сут},i}^{\text{пас}} Q_i^{\text{пас}} q_{\text{п},i}^{\text{пас}} \cdot 10^{-6} + \sum_{i=1}^R M_{\text{п},i}^{\text{пр}} q_{\text{п},i}^{\text{пр}} t_i^{\text{пр}} - \Phi_{\text{п},\text{пр}}^{\text{п}} + \Phi_{\text{п},\text{об}}^{\text{п}}, \quad (5.22)$$

где $S_{\text{сут},i}^{\text{пас}}$ – среднесуточный пробег с пассажирскими (пригородными) поездами локомотивов i -й серии, приписанных к данному депо, лок · км;

$Q_i^{\text{пас}}$ – средневзвешенная масса пассажирского (пригородного) поезда брутто, ведомого локомотивом i -й серии, т;

$q_{\text{п},i}^{\text{пас}}$ – норма расхода песка локомотивом пассажирского парка i -й серии на 1 млн т · км брутто, м³;

$M_{\text{п},i}^{\text{пр}}$ – среднесуточное количество прочих (маневровых, передаточных, вывозных, хозяйственных и других видов) приписных локомотивов i -й серии, экипируемых песком;

$q_{\text{п},i}^{\text{пр}}$ – норма расхода песка маневровыми и прочими локомотивами i -й серии за один час работы, м³;

$t_i^{\text{пр}}$ – время работы маневровых и прочих локомотивов i -й серии в течение суток, ч;

- $\Phi_{п,пр}^п$ – параметр, учитывающий набор песка в среднем в сутки приписанными локомотивами пассажирского парка в пунктах оборота, м³;
- $\Phi_{п,об}^п$ – параметр, учитывающий набор песка в среднем в сутки в данном пункте экипировки локомотивами пассажирского парка, приписанными к другим депо, м³. Величины параметров $\Phi_{п,пр}^п$ и $\Phi_{п,об}^п$ определяют по результатам обработки статистических данных.

Параметр, характеризующий наличную пропускную способность пескораздаточных устройств,

$$\Phi_{п}^п = c_{пч} m_{п} (24 - \sum t_{техн}^п), \quad (5.23)$$

где $c_{пч}$ – часовая производительность пескораздаточного устройства, т/ч;

$m_{п}$ – количество пескораздаточных устройств, обслуживающих локомотивы.

Значения параметров $\Phi_{г}^п$, $\Phi_{п}^п$ могут быть определены по результатам обработки статистических данных о количестве песка, израсходованного на экипировку локомотивов различных видов на данном пункте экипировки за месяц максимальных грузовых перевозок.

Пример 5.3. Для условий примера 5.1 определить пропускную способность устройств пескоснабжения. Производительность одной пескораздаточной колонки составляет 1,0 м³/ч. Данные о норме расхода песка локомотивами i -й серии принимаются из таблицы 5.5. Двухсекционный тепловоз одновременно заправляется из четырех раздаточных колонок.

Решение. Величина параметра, учитывающего среднесуточный потребный расход песка локомотивами, обеспечивающими грузовое движение [см. формулу (5.21)], при условии, что $\Phi_{г,пр}^п \approx \Phi_{г,об}^п$,

$$\begin{aligned} \Phi_{г}^п &= S_{сут,2ТЭ10}^{пр} Q_{2ТЭ10}^{пр} q_{п,2ТЭ10}^{пр} \cdot 10^{-6} + S_{сут,2М62}^{пр} Q_{2М62}^{пр} q_{п,2М62}^{пр} \cdot 10^{-6} + \\ &+ S_{сут,2ТЭ10}^{пр} Q_{2ТЭ10}^{пр} q_{п,2ТЭ10}^{пр} \cdot 10^{-6} = 4400 \cdot 3500 \cdot 0,26 \cdot 10^{-7} + \\ &+ 1680 \cdot 2800 \cdot 0,24 \cdot 10^{-7} + 3520 \cdot 35200 \cdot 0,26 \cdot 10^{-7} = 8,3 \text{ м}^3/\text{сут}. \end{aligned}$$

Среднесуточный расход песка для обеспечения локомотивов негрузовых видов движения [см. формулу (5.22)], при тех же условиях

$$\begin{aligned} \Phi_{п}^п &= S_{сут,ТЭП60}^{пасс} Q_{ТЭП60}^{пасс} q_{п,ТЭП60}^{пасс} \cdot 10^{-6} + M_{п,ЧМЭЗ}^{пр} q_{п,ЧМЭЗ}^{пр} t_{ЧМЭЗ}^{пр} \cdot 10^{-3} = \\ &= 3360 \cdot 780 \cdot 0,13 \cdot 10^{-6} + 9 \cdot 0,003 \cdot 21 = 0,91 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Параметр, характеризующий наличную пропускную способность пескораздаточных устройств [см. формулу (5.23)], при $\sum t_{техн}^п = 1,0$ ч,

$$\Phi_{п}^п = c_{пч} m_{п} (24 - \sum t_{техн}^п) = 1,0 \cdot 16(24 - 1) = 368 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Коэффициент использования пропускной способности пескораздаточных устройств [см. формулу (5.4)]

$$K_n = \frac{8,3}{368 - 0,91} = 0,02.$$

Пропускная способность пескораздаточных устройств (локомотивов) рассчитывается исходя из того, как определено условием примера, что заправка тепловоза, состоящего из двух секций, производится одновременно с помощью четырех раздаточных колонок. Тогда, используя формулу (5.1),

$$M_n^n = \frac{M_n^{np}}{K_n \cdot 4} = \frac{22}{0,08} = 275 \text{ лок/сут.}$$

5.5 Пропускная способность ходовых деповских путей

Пропускная способность ходовых деповских путей определяется по ограничивающему элементу (участку пути, стрелочной горловине и съездам и т.п.), исходя из расчетных размеров передвижений локомотивов всех категорий по элементу и средней продолжительности его занятия одним передвижением.

Перед расчетом рекомендуется составить сводную таблицу всех передвижений грузовых локомотивов через лимитирующие деповские пути, горловины и стрелки, выделяя отдельно передвижения пассажирских, маневровых, хозяйственных и других локомотивов, а также подачи (уборки) вагонов к пунктам погрузки и выгрузки грузов, если их передвижение ограничивает пропуск локомотивов на экипировку и техническое обслуживание. В качестве образца могут быть использованы таблицы 3.1, 3.2.

Когда на ходовых путях располагаются экипировочные устройства, пропускная способность определяется с учетом времени занятия этого устройства локомотивом при экипировке.

Коэффициент использования пропускной способности ходовых деповских путей пропуском локомотивов грузового парка

$$K_x = \frac{\sum_{i=1}^R M_{сут\ i}^{гр(x)} t_{x\ i}^{гр}}{1440 - \left(\sum T_{техн} + \sum_{i=1}^R M_{сут\ i}^{пас(x)} t_{x\ i}^{пас} + \sum_{i=1}^R M_{сут\ i}^{ман(x)} t_{x\ i}^{ман} + \sum_{i=1}^R M_{сут\ i}^{пр(x)} t_{x\ i}^{пр} \right)}, \quad (5.24)$$

где $M_{сут\ i}^{гр(x)}$ – среднесуточное количество грузовых локомотивов i -й серии, которое должно быть пропущено по ограничивающему элементу пути (исходя из расчетных размеров грузового движения в месяц максимальных перевозок за вычетом локомотивов, которые не заходят на ограничивающий элемент), лок/сут;

- $t_{xi}^{гр}$ – время занятия ограничивающего элемента одним передвижением грузового локомотива i -й серии, мин;
- $\sum T_{техн}$ – занятие ограничивающего элемента в течение суток проведением работ, связанных с его обслуживанием и ремонтом, мин;
- $M_{сут i}^{пас(x)}$, $M_{сут i}^{ман(x)}$, $M_{сут i}^{пр(x)}$ – среднесуточное количество пассажирских, маневровых и прочих локомотивов i -й серии, занимающихся передвижениями ограничивающий элемент ходового пути, лок/сут;
- $t_{xi}^{пас}$, $t_{xi}^{ман}$, $t_{xi}^{пр}$ – время занятия ограничивающего элемента одним передвижением соответственно пассажирского, маневрового или прочего локомотива i -й серии, мин.

Значение величины общего времени занятия ограничивающего элемента в течение суток его обслуживанием и ремонтом, а также другими передвижениями, не связанными с пропуском грузовых локомотивов,

$$\sum T_{техн} + \sum_{i=1}^R M_{сут i}^{пас(x)} t_{xi}^{пас} + \sum_{i=1}^R M_{сут i}^{ман(x)} t_{xi}^{ман} + \sum_{i=1}^R M_{сут i}^{пр(x)} t_{xi}^{пр}$$

может быть определено по результатам хронометражных наблюдений.

Пропускная способность всего комплекса деповских ходовых путей определяется по ограничивающему элементу, имеющему наибольшее значение $K_{x \max}$, по формуле

$$M_x = \frac{\sum_{i=1}^R M_{сут i}^{гр}}{K_{x \max}}, \quad (5.25)$$

где $M_{сут i}^{гр}$ – среднесуточное количество локомотивов грузового парка i -й серии, которое должно быть пропущено по ходовым путям депо (в месяц максимальных размеров грузового движения).

6 НАЛИЧНАЯ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

6.1 Общие положения

Наличная пропускная способность системы тягового электро-снабжения расчетного участка представляет собой наибольшее число поездов, которое может быть пропущено по этому участку в сутки в каждом направлении, с учетом следующих показателей нагрузочной способности системы тягового электроснабжения: мощности силового оборудования; тяговых подстанций; нагрева проводов контактной подвески; напряжения на токоприемниках электроподвижного состава. Определяется она при заданных параметрах системы тягового электроснабжения, массах и категориях поездов и их количественном соотношении, способе организации движения, типах электроподвижного состава и проверяется по условиям работы защиты от токов короткого замыкания и по нагрузочной способности элементов обратной тяговой сети. При этом рассчитывается она по каждому из перечисленных выше показателей нагрузочной способности отдельно для каждой тяговой подстанции при параллельном графике в поездах в каждом направлении:

$$N = (1440 - t_{\text{техн}})\alpha_{\text{н}}/t, \quad (6.1)$$

где $t_{\text{техн}}$ – продолжительность технологического «окна» (см. разд. 2);
 $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент надежности соответствующей группы оборудования, системы тягового электроснабжения (приложение А.1);
 t – для двухпутных участков $t = j$ (j – межпоездной интервал), для однопутных $t = T_{\text{п}} \beta$ ($T_{\text{п}}$ – период графика движения на лимитирующем перегоне, β – коэффициент непарности размеров движения в рассматриваемом направлении); при расчете по мощности подстанций t соответствует пропуску поездов, средневзвешенных по расходу электроэнергии (см. п. 6.2.1); при расчете по нагреву проводов и напряжению на токоприемнике t соответствует пропуску «смешанной» пачки поездов – средневзвешенных и наибольшей расчетной массы (III и IV режимы п. 6.3).

Результативная суточная пропускная способность расчетного участка по системе тягового электроснабжения при параллельном графике движения принимается наименьшей из определенных по формуле (6.1) значений пропускной способности по трем показателям нагрузочной способности.

Для характеристики интенсивных периодов работы расчетного участка определяются межпоездные интервалы (период графика движения на однопутном участке) при пропуске поездов наибольшей установленной массы.

Для периода «окна» рассчитывают межпоездные интервалы в пачках соединенных поездов и поездов наибольшей установленной массы в режиме работы однопутного участка.

Результативная суточная пропускная способность при непараллельном графике движения устанавливается с учетом съема поездами различных типов пропускной способности, определенной при параллельном графике движения в грузовых поездах.

Межпоездной интервал при пропуске поездов, средневзвешенных по расходу электроэнергии, определяется исходя из мощности тяговых подстанций при отключении резервных агрегатов, а при пропуске поездов установленной массы и соединенных – при включенных резервных агрегатах.

6.2 Расчет межпоездных интервалов, допустимых по мощности тяговых подстанций

6.2.1 Допустимый межпоездной интервал (периода графика) при пропуске средневзвешенных поездов

Вначале необходимо определить число поездов N_0 , которое может одновременно находиться в зоне питания рассматриваемой подстанции исходя из мощности каждого из расчетных элементов силового оборудования.

Для системы постоянного тока 3 кВ к расчетным элементам силового оборудования относятся: выпрямители, понизительные (на подстанциях с двойной трансформацией) и тяговые трансформаторы; для системы переменного тока 25 кВ – силовые трансформаторы; для системы переменного тока 2×25 кВ – однофазные трансформаторы (для каждого плеча).

Для системы постоянного тока 3 кВ

$$N_0 = \frac{1,1 I_{\text{эпт}}}{\sum_{f \in F} \frac{1}{\alpha_{\text{эф}}} I_{\text{эф}} C_f}, \quad (6.2)$$

где $I_{\text{эпт}}$ – эффективный ток тяговой подстанции, обеспечиваемый соответствующими расчетными элементами силового оборудования при отключенных резервных агрегатах (определение приведено в приложении А.2);

- F – число перегонных фидеров данной подстанции;
 $\alpha_{\text{пф}}$ – коэффициент, зависящий от числа путей: $\alpha_{\text{пф}} = 0,9$ – для двухпутного участка и $\alpha_{\text{пф}} = 0,85$ – для однопутного участка;
 $I_{\text{ф}f}$ – ток, приходящийся на фидер f от средневзвешенного поезда (определение приведено в приложении А.3);
 C_f – коэффициент, учитывающий размеры движения по путям, питаемым фидерами подстанции,

$$C_f = N_f / \sum_{f \in F} N_f, \quad (6.3)$$

N_f – число поездов в сутки на пути, питаемом фидером f (для однопутного участка в обоих направлениях).

Для системы переменного тока 25 кВ

$$N_0 = \frac{1,1I_{\text{эпт}}}{2I_{\text{пл}}^{\text{нб}} + 0,65I_{\text{пл}}^{\text{нм}}}; \quad (6.4)$$

где $I_{\text{пл}}^{\text{нб}}$ и $I_{\text{пл}}^{\text{нм}}$ – ток плеча подстанции соответственно с большей и меньшей нагрузкой, причем

$$I_{\text{пл}} = \sum_{f \in F_{\text{пл}}} \frac{1}{6} I_{\text{ф}f} C_f, \quad (6.5)$$

где $F_{\text{пл}}$ – число фидеров, питающих рассматриваемое плечо.

Для системы переменного тока 2×25 кВ

$$N_0 = \frac{1,1I_{\text{эпт}}}{\sum_{f \in F} \frac{1}{\alpha_{\text{пф}}} I_{\text{ф}f} C_f}. \quad (6.6)$$

От каждого фидера f одновременно может получать питание N_{0f} поездов:

$$N_{0f} = N_0 C_f. \quad (6.7)$$

Для двухпутного участка межпоездной интервал j_f на пути, питаемом фидером f ,

$$j_f = t_{xf} / N_{0f}, \quad (6.8)$$

где t_{xf} – полное время хода поезда установленной массы по пути межподстанционной зоны, питаемому фидером f .

Период графика на однопутном участке

$$T_{\text{п}} = \frac{t_{\text{xf}}^{\text{пр}} + t_{\text{xf}}^{\text{об}}}{N_{0f}}, \quad (6.9)$$

где $t_{\text{xf}}^{\text{пр}}$, $t_{\text{xf}}^{\text{об}}$ – полное время хода поездов установленной массы для прямого и обратного направлений по межподстанционной зоне, питаемой фидером f .

Значения t_f и T используются при расчете по формуле (6.1).

6.2.2 Допустимый межпоездной интервал (период графика движения) при пропуске поездов установленной массы

Определение допустимого межпоездного интервала (периода графика на однопутном участке) при пропуске поездов установленной массы производится по методике, изложенной в п. 6.2.1, с условием, что $I_{\text{ф}f}$ – ток, проходящий на фидер f от поезда установленной массы (приложение А.3). Ток $I_{\text{эпт}}$ определяется при включенных резервных агрегатах (приложение А.2).

6.3 Расчет межпоездных интервалов (периода графика), допустимых по нагреву проводов контактной подвески

6.3.1 Двухпутные участки

Межпоездной интервал j_f необходимо определять для четырех расчетных режимов:

I – пропуск поездов наибольшей установленной массы при схеме питания контактных подвесок путей, принятой в нормальной эксплуатации;

II – пропуск соединенных поездов в сторону большего токопотребления по пути, имеющему контактную подвеску с меньшей нагрузочной способностью, при раздельной схеме питания (работа в «окно» в режиме однопутного участка);

III – пропуск «смешанной» пачки (чередование средневзвешенных поездов и поездов наибольшей установленной массы) при схеме питания контактных подвесок путей, принятой в нормальной эксплуатации;

IV – то же, что и II режим, но при пропуске поездов наибольшей установленной массы.

Для системы постоянного 3 кВ и переменного 25 кВ токов j_f определяется исходя из нагрузочной способности фидера контактной подвески; для системы 2×25 кВ выбирается наибольшее из значений j_f , определенных ис-

ходя из нагрузочной способности фидеров контактной подвески и питающего провода.

Для I режима

$$j_f = t_{xf} \frac{I_{\Phi f}}{I_{df} - K_6 K_c I_{\Phi f}}, \quad (6.10)$$

где t_{xf} , $I_{\Phi f}$ – для поезда установленной массы (в соответствии с приложением А.3);

I_{df} – длительно допустимый ток контактной подвески (для системы 2×25 кВ также и питающего провода), приведен в приложении А.4;

K_a – коэффициент, учитывающий неравномерность токопотребления поезда (определяется в соответствии с приложением А.5);

K_c – коэффициент системы: для постоянного 3 кВ и переменного 25 кВ токов $K_c = 1$. Для системы 2×25 кВ $K_c = 0,58$ при определении j_f по нагрузочной способности контактной подвески и $K_c = 0,42$ – для питающего провода.

Для II режима j_f определяется по формуле (6.10) с учетом следующего: $I_{\Phi f}$, t_{xf} – для соединенного поезда; K_a – при раздельном питании путей; I_{df} – допустимый по нагреву ток подвески пути с меньшей нагрузочной способностью.

Для III режима

$$j_f = t_{xf} \frac{I_{\Phi f} K_{\text{пм}}}{I_{df} - K_6 K_c K_{\text{эпм}} K_{\text{пм}} I_{\Phi f}}, \quad (6.11)$$

где $K_{\text{пм}}$, $K_{\text{эпм}}$ – коэффициенты, учитывающие влияние поездов различной массы на ток фидера (способ определения их приведен в приложении А.6).

Величина j_f , определенная по формуле (6.11), используется для определения N по формуле (6.1).

Для IV режима j_f определяется по формуле (6.10), причем $I_{\Phi f}$, t_{xf} , K_c – то же, что и для I режима; I_{df} – то же, что и для II режима; K_a определяется для раздельного питания и времени хода поезда наибольшей установленной массы.

Если в результате расчета для I, II или IV режимов получилось, что $j_f \geq t_{xf}$, то необходимо выполнить процедуру, приведенную в приложении А.7.

6.3.2 Однопутные участки

Период графика $T_{\text{пф}}$ рассчитывается для четырех режимов, описание которых приведено выше.

Для I режима

$$T_{\text{пф}} = (t_{\text{xf}}^{\text{пр}} + t_{\text{xf}}^{\text{об}}) \frac{I_{\text{фф}}}{I_{\text{дф}} - K_{\text{б}} K_{\text{с}} I_{\text{фф}}}, \quad (6.12)$$

где $t_{\text{xf}}^{\text{пр}}$, $t_{\text{xf}}^{\text{об}}$ – см. пояснения к формуле (6.9);

$I_{\text{фф}}$ – определяются в зависимости от типа графика движения по соответствующей формуле приложения А.3;

$I_{\text{дф}}$, $K_{\text{б}}$, $K_{\text{с}}$ – см. пояснения к формуле (6.10).

Для II режима $T_{\text{пф}} = j_f$ и определяется по формуле (6.10) для $I_{\text{фф}}$ от соединенного поезда.

Для III режима

$$T_{\text{пф}} = \frac{(t_{\text{xf}}^{\text{пр}} + t_{\text{xf}}^{\text{об}}) I_{\text{фф}} K_{\text{пм}}}{I_{\text{дф}} - K_{\text{б}} K_{\text{с}} K_{\text{эпм}} K_{\text{пм}} I_{\text{фф}}}, \quad (6.13)$$

где $t_{\text{xf}}^{\text{пр}}$, $t_{\text{xf}}^{\text{об}}$ – см. пояснения к формуле (6.9);

$K_{\text{с}}$, $I_{\text{дф}}$, $I_{\text{фф}}$ – то же, что для I режима;

$K_{\text{б}}$ – см. приложение А.5;

$K_{\text{пм}}$, $K_{\text{эпм}}$ – см. приложение А.6.

Для IV режима $T_{\text{пф}} = j_f$ и определяется по формуле (6.10) для $I_{\text{фф}}$ от поезда наибольшей установленной массы.

6.4 Расчет межпоездных интервалов, допустимых по напряжению на токоприемнике электроподвижного состава

Минимальный межпоездной интервал в каждом направлении (а на однопутных участках также и период графика), допустимый по напряжению на токоприемнике электроподвижного состава, определяется для следующих четырех расчетных режимов:

I – пропуск по «расчетному расстоянию» поезда установленной массы. При этом сопутствующие поезда – средневзвешенные по расходу электроэнергии. Схема питания контактных подвесок путей – принятая в нормальных условиях эксплуатации; резервные агрегаты на подстанциях отключены;

II – работа в «окно» (см. II режим в подразд. 6.3) при включенных резервных агрегатах;

III – то же, что I режим, но сопутствующие поезда – наибольшей установленной массы, а резервные агрегаты на подстанциях включены;

IV – см. IV режим в подразд. 6.3 (при включенных резервных агрегатах).

Межпоездной интервал в каждом направлении для всех перечисленных режимов

$$j_f = t_{pf} + t_{pif} \left(\frac{U_{\tau}}{U_{\text{д}}} - 1 \right), \quad (6.14)$$

где t_{pf} , t_{pif} – соответственно общее и под током время хода поезда наибольшей установленной массы по «расчетному расстоянию», полученное тяговым расчетом;

U_{τ} – напряжение на токоприемнике, равное 3000 В для системы постоянного тока и 25000 В – для обеих систем переменного тока;

$U_{\text{д}}$ – расчетное напряжение, способ определения которого приведен в приложении А.8.

Период графика на однопутном участке должен определяться в зависимости от его типа (см. разд. 2 данного пособия). В эти формулы должны быть подставлены уточненные по напряжению значения времени хода t' и t'' по лимитирующему перегону и межпоездных интервалов для соответствующего расчетного режима.

Межпоездные интервалы по каждому направлению определяются по формуле (6.14). Время хода по лимитирующему перегону в соответствующем направлении определяется по аналогичной формуле:

$$t'^{(n)} = t'_{\text{д}}{}^{(n)} + t'_{\text{пт}}{}^{(n)} \left(\frac{U_{\tau}}{U_{\text{д}}} - 1 \right), \quad (6.15)$$

где $t'_{\text{д}}{}^{(n)}$, $t'_{\text{пт}}{}^{(n)}$ – соответственно общее и под током время хода поезда установленной массы по лимитирующему перегону, полученное тяговым расчетом.

6.5 Расчет суточной наличной пропускной способности участка

6.5.1 Параллельный график движения поездов

Наибольшее возможное число грузовых поездов в сутки при параллельном графике движения рассчитывается по формуле (6.1).

При расчете по мощности подстанций для двухпутных участков в формулу (6.1) вместо t нужно поочередно подставлять рассчитанные по формуле (6.8) значения j_f для всех расчетных элементов силового оборудования, для однопутных участков – значения $T_{пф}$, рассчитанные по формуле (6.9); β равно отношению графикового числа поездов в сутки в рассматриваемом направлении к суммарному числу поездов в обоих направлениях.

При расчете по нагреву проводов вместо t подставляется значение j_f определенное по формуле (6.11) (двухпутные участки), или $T_{пф}$, определенное по формуле (6.13) (однопутные участки).

При расчете по напряжению t – это для двухпутных участков значение j_f , определенное по формуле (6.14) для I режима; для однопутного участка t – это период графика, определенный для I режима по процедуре, приведенной в подразд. 6.4.

Максимальное возможное число грузовых поездов в сутки с учетом пропуска поездов других категорий рассчитывается для каждого направления по формуле

$$N_{гр} = \frac{(1440 - t_{техн})\alpha_n - \sum_i T_{ки}}{t}, \quad (6.16)$$

где $t_{техн}$, α_n , t – см. формулу (6.1);

$$T_{ки} = j_{аб} N_i \epsilon_i, \quad (6.17)$$

$j_{аб}$ – межпоездной интервал по автоблокировке в рассматриваемом направлении;

N_i – число поездов типа i в сутки;

ϵ_i – коэффициент съема пропускной способности поездом типа i (см. разд. 2).

6.6 Определение элементов тягового электроснабжения, лимитирующих заданные размеры движения

6.6.1 Тяговые подстанции

Тяговая подстанция лимитирует пропуск заданных размеров движения, если в каком-нибудь направлении

$$N_{грф} < N_{гр}^3, \quad (6.18)$$

где $N_{грф}$ – определенное по формуле (6.16) число грузовых поездов в данном

направлении, допустимое по j -му элементу основного силового оборудования подстанции;

$N_{гр}^3$ – заданное в графике движения на расчетный год число грузовых поездов в сутки в данном направлении.

Кроме того, по каждому j -му элементу оборудования и каждому f -му фидеру подстанции проверяется условие:

для двухпутных участков –

$$j_{fi} > j_{аб}; \quad (6.19)$$

для однопутных участков –

$$T_{фf} > T_{аб}, \quad (6.20)$$

где j_{fi} , $T_{фf}$ – соответственно межпоездной интервал или период графика, рассчитанный при пропуске поездов наибольшей установленной массы (см. п. 6.2.2).

Если условие (6.19) или (6.20) выполняется по какому-либо j -му элементу подстанции, то этот тип оборудования нуждается в усилении.

6.6.2 Контактная сеть

Контактная сеть данной межподстанционной зоны обладает недостаточной нагрузочной способностью, если в любом из направлений:

- $N_{гр}$, определенное по формуле (6.16) для III режима по нагреву проводов или для I режима по напряжению на токоприемнике, меньше заданного

$N_{гр}^3$;

- j_f (или $T_{фf}$ для однопутного участка), определенный для I режима по нагреву или для III режима по напряжению, превышает заданный по автоблокировке напряжение на токоприемнике $j_{аб}$ ($T_{таб}$);

- напряжение на токоприемнике U_p для любого из четырех режимов меньше допустимого 2800 В для системы постоянного тока и 21000 В для обеих систем переменного тока;

- при расчете j_f по нагреву проводов для любого режима получилось $t_{sj} > t_d$ (см. приложение А.7).

6.7 Проверочные расчеты

6.7.1 Проверка уставок защиты фидеров тяговых подстанций и постов секционирования

Уставки защиты фидеров следует проверять для четырех режимов работы участка, указанных в подразд. 6.3.

Защита фидера f обеспечена при выполнении следующих условий:

- для выключателей постоянного тока –

$$I_{устf} > I_{\Phi f}^{нб} + 300, \quad (6.21)$$

- для выключателей переменного тока –

$$I_{устf} > 1,2I_{\Phi f}^{нб}, \quad (6.22)$$

- по модулю сопротивления для системы переменного тока

$$z_{устf} > \frac{U_{нм}}{1,2I_{\Phi f}^{нб}}, \quad (6.23)$$

где $I_{устf}$ – ток уставки защиты фидера f ;

$z_{устf}$ – модуль сопротивления уставки защиты фидера f , Ом;

$U_{нм}$ – наименьшее значение напряжения на шинах: подстанции – $U_{нм} = 25000$ В, поста секционирования – $U_{нм} = 22000$ В;

$I_{\Phi f}^{нб}$ – наибольший ток нагрузки фидера подстанции (определяется по приложениям А.9 и А.10).

6.7.2 Проверка элементов обратной тяговой сети

Обратная тяговая сеть проверяется по нагрузочной способности следующих элементов:

- путевых дроссель-трансформаторов;
- дроссельных и междроссельных перемычек;
- сборных рельсовых стыков;
- отсасывающих фидеров.

Для путевых дроссель-трансформаторов, дроссельных и междроссельных перемычек и сборных рельсовых стыков эффективный ток нагрузки, А,

$$I_{эф} = \gamma K_{эф} K_{ср} K_{пр} I_0, \quad (6.24)$$

где $\gamma = 1$ – для дроссель-трансформаторов и междроссельных перемычек и

$\gamma = 0,5$ – для дроссельных перемычек и сборных рельсовых стыков;

$K_{эф}$, $K_{ср}$ – коэффициенты эффективного и среднего тока в рельсах (определяется по приложению А.11);

$K_{пр}$ – коэффициент приведения тока в рельсах (определяется по приложению А.11);

I_0 – средний ток поезда наибольшей установленной массы на рассматриваемом пути, А.

Для отсасывающего фидера

$$I_{\text{эф}} = \sum_{f \in F} I_{\text{эф}f}, \quad (6.25)$$

где F – число питающих фидеров подстанции;

$I_{\text{эф}f}$ – эффективный ток в рельсовой цепи пути, питаемого фидером f , А.

$$I_{\text{эф}} = \gamma K_{\text{эф}} K_{\text{ср}} I_{0f}, \quad (6.26)$$

где $\gamma = 0,7$ – для системы переменного тока 25 кВ без отсасывающих трансформаторов; во всех остальных случаях $\gamma = 1$.

Значения $I_{\text{эф}}$ сравниваются с допустимыми для данного элемента $I_{\text{эф}}^{\text{доп}}$, приведенными в приложении А.11. Если $I_{\text{эф}} > I_{\text{эф}}^{\text{доп}}$, данный элемент нуждается в усилении.

Пример 6.1. Рассчитать наличную пропускную способности системы тягового электроснабжения участка Б – М. Питание контактной подвески участка Б – М осуществляется системой переменного однофазного тока $1 \times 27,5$. Участок – двухпутный, развернутая длина контактной подвески составляет 102 км. Контактная подвеска проложена проводами ПБСМ95+МФ100. На участке – одна тяговая подстанция, расположенная на станции О. На ТП установлены два тяговых трансформатора 20 и 25 МВ·А. Длина плеч питания составляет: Б – О – 21,2 км; О – М – 29,8 км. Мощность районной нагрузки в среднем составляет $S_p = 3$ МВ·А.

Продолжительность технологического окна равна 120 мин. Межпоездной интервал принят 8 мин.

Исходными данными для определения параметров нагрузки являются результаты тяговых расчетов, размеры движения, сведения о типах и массах поездов. Сведения о размерах движения представлены в таблице 6.1.

Р е ш е н и е. Для проведения тяговых расчетов использовалась программа «Fogse», разработанная работниками кафедры «Электрический подвижной состав» БелГУТа. Тяговые расчеты проводились для следующих типов поездов:

- грузовой – электровоз ВЛ80 с массой состава 3800, 4800, 5600, 7500 т;
- пассажирский – ЧС4 с составом 15 вагонов;
- пригородный – ЭР9.

Спрямленный и приведенный профиль, а также ограничения скорости по участкам, необходимые для тяговых расчетов, в данном расчете не приводятся из-за большого объема информации.

В результате расчета были получены кривые скорости, времени, токов, а также таблицы времени хода. Необходимые данные из тяговых расчетов, полученные после обработки таблиц времени хода, представлены в таблице 6.2.

Т а б л и ц а 6.1

Участок	Тип, масса	Количество единиц
Б – О	ВЛ180, 4800 т	2
	ВЛ180, 5600 т	2
	ВЛ180, 7500 т	1
	ЭР9	40
О – Б	ВЛ180, 3800 т	3
	ВЛ180, 5600 т	2
	ЭР9	40
О – М	ВЛ180, 4800 т	2
	ВЛ180, 5600 т	2
	ВЛ180, 7500 т	1
	ЭР9	40
М – О	ВЛ180, 3800 т	3
	ВЛ180, 5600 т	2
	ЭР9	40

Расчет наличной пропускной способности электрифицированного участка железной дороги производится в соответствии с вышеприведенной методикой.

При расчете используются необходимые данные по участкам: характеристика системы электроснабжения; тип контактной подвески; режимы пропуска поездов; сведения об установленных тяговых трансформаторах и устройств продольной компенсации; мощность районной нагрузки, а также необходимые данные из результатов тяговых расчетов.

Для наглядности расчет проводился в табличном виде согласно пунктам методики, и его результаты представлены в таблицах 6.3–6.13.

Наличная пропускная способность системы тягового электроснабжения, определенная анализом результатов расчетов участка, составляет (см. таблицу 6.13):

- по мощности устройств тяговой подстанции – 67 поездов в сутки;
- нагреву контактной подвески – 43 поезда в сутки;
- напряжению на токоприемнике электроподвижного состава – 43 поезда в сутки.

Следовательно, результирующая пропускная способность участка Б – М составляет 43 поезда в сутки.

Таблица 6.2

ВЛ80-3800									
Б – О					М – О				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
21200	0,287	80	316,1	266,7	29800	0,427	80	402,86	339,42
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,194	0,093	74,3	154,4	131,2	0,364	0,064	63,5	203,7	171,4
О – М					О – Б				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
29800	0,415	80	324,1	273,3	21200	0,284	80	306,1	258,5
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,131	0,284	65,9	60,5	51,4	0,094	0,190	74,6	94,2	80,1
ВЛ80-4800									
Б – О					М – О				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
21200	0,288	80	332,15	279,84	29800	0,446	80	402,55	339,14
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,246	0,042	73,9	177,0	150,3	0,408	0,038	61,9	233,2	196,1
О – М					О – Б				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
29800	0,417	80	354,1	297,8	21200	0,282	80	296,7	250,9
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,152	0,265	65,6	73,4	62,3	0,132	0,150	74,9	115,4	98,2

Продолжение таблицы 6.2

ВЛ80-5600									
Б – О					М – О				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
21200	0,293	80	340,06	286,3	29800	0,465	80	402,93	339,48
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,213	0,080	72,8	191,1	161,9	0,433	0,032	60,0	260,3	218,6
О – М					О – Б				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
29800	0,419	80	378,4	318,1	21200	0,286	80	327,6	276,1
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,149	0,270	64,9	74,4	63,1	0,152	0,133	74,1	123,7	105,1
ВЛ80-7500									
Б – О					М – О				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
21200	0,300	80	388,97	327,27	29800	0,516	80	403,45	339,94
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,271	0,029	70,8	241,7	204,4	0,494	0,022	55,8	299,3	251,0
О – М					О – Б				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
29800	0,420	80	392,8	330,6	21200	0,292	80	355,4	298,8
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,168	0,253	64,3	91,5	77,4	0,188	0,104	72,66184	169,5	143,6

ЧС4									
Б – О					М – О				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
21200	0,184	120	399,64	307	29800	0,275	120	399,64	307
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,067	0,117	115,0	196,4	150,9	0,131	0,144	100,3	222,7	168,0
О – М					О – Б				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
29800	0,309	120	399,6	307,0	21200	0,185	120	399,6	307,0
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,024	0,285	86,9	82,8	63,6	0,052	0,133	114,8	190,4	146,3
Б – О					М – О				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
21200	0,650	97,0	395,28	305	29800	0,724	120	395,28	305
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,084	0,566	41,4	121,6	97,7	0,128	0,596	46,8	117,8	95,0
О – М					О – Б				
Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А	Путь, м	Время, ч	Максимальная скорость, км/ч	Максимальный полный ток, А	Максимальный активный ток, А
29800	0,749	113,5	395,3	305,0	21200	0,650	92,3	395,3	305,0
Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А	Время п.т., ч	Время хх,ч	Средняя скорость, км/ч	Средний полный ток, А	Средний активный ток, А
0,109	0,640	46,1	115,7	93,1	0,088	0,562	40,7	121,9	97,8

Таблица 6.3

Участок	Средние токи поездов		Ток, приходящийся на фидер f подстанции от поезда заданной массы $T_{ок}$, приходящийся на фидер f подстанции от поезда заданной массы										Ток, приходящийся на фидер f от средневзвешенного поезда
	Тип тягового подвижного состава – масса	U_{0i} – средний ток поезда типа (массы) i , А	N_i – графиковое число поездов типа (массы) i в сутки в данном направлении	Ток средневзвешенного поезда	Ток, приходящийся на фидер f подстанции от поезда заданной массы	I_n – расстояние до ближайшего к фидеру f поперечного сечения, км	l_3 – длина межподстанционной зоны, км	z_f – удельное сопротивление контактной подвески пути питаемого фидером f , Ом/км	z_f – удельное сопротивление контактной подвески другого пути, Ом/км	КП – коэффициент перераспределения тока по I пути	КП – коэффициент перераспределения тока по II пути	$U_{фл}$ – для узловой и параллельной схем питания двухпутного участка	$U_{срвдф}$
Б–О	ВЛ80-3800	154,43	0	195,57	195,6	5	21200	0,384	0,384	0,50		90,9	124,99
	ВЛ80-4800	177,02	2										
	ВЛ80-5600	191,09	2										
	ВЛ80-7500	241,67	1										
	ЧС4	196,41	0	0,00									
	ЭР9	121,65	40	121,65									
О–Б	ВЛ80-3800	94,16	3	105,99	121,9	5				0,50			
	ВЛ80-4800	115,41	0										
	ВЛ80-5600	123,72	2										
	ВЛ80-7500	169,52	0										
	ЧС4	190,43	0	0,00									
	ЭР9	121,89	40	121,89									

О-М	ВЛ80-3800	60,51	0	77,43	115,7	5	29800	0,384	0,384	0,50		89,5	120,64	
	ВЛ80-4800	73,38	2											
	ВЛ80-5600	74,44	2											
	ВЛ80-7500	91,49	1											
	ЧС4	82,78	0	0,00										
ЭР9	115,65	40	115,65											
М-О	ВЛ80-3800	203,66	3	226,30	226,3	5						0,50		
	ВЛ80-4800	233,16	0											
	ВЛ80-5600	260,27	2											
	ВЛ80-7500	299,29	0											
	ЧС4	222,67	0											0,00
	ЭР9	117,82	40											117,82

Т а б л и ц а 6.4

Участок	Тип тягового подвижного состава – масса	Параллельное питание								
		t_x	t_T	α	$K\alpha_{гр}$	$K\alpha_{лев}$	$\alpha_{гр}$	$\alpha_{лев}$	$K\alpha$	
Б-О О-Б	ВЛ80-3800	0,57	0,29	1,98	1	0,9	2	1,8	0,99	
	ВЛ80-4800	0,57	0,38	1,51	0,75	0,65	1,6	1,4	0,70	
	ВЛ80-5600	0,58	0,37	1,58	0,75	0,65	1,6	1,4	0,74	
	ВЛ80-7500	0,59	0,46	1,29	0,65	0,5	1,4	1,2	0,57	
	ЧС4	0,37	0,12	3,10	1,6	1,4	3,5	3	1,44	
ЭР9	1,30	0,17	7,54	3,05	2,95	8	7,5	2,96		
О-М М-О	ВЛ80-3800	0,84	0,49	1,70	0,9	0,75	1,8	1,6	0,83	
	ВЛ80-4800	0,86	0,56	1,54	0,75	0,65	1,6	1,4	0,72	
	ВЛ80-5600	0,88	0,58	1,52	0,75	0,65	1,6	1,4	0,71	
	ВЛ80-7500	0,94	0,66	1,41	0,75	0,65	1,6	1,4	0,66	
	ЧС4	0,58	0,16	3,76	1,8	1,6	4	3,5	1,70	
ЭР9	1,47	0,24	6,22	2,65	2,5	6,5	6	2,57		

Окончание таблицы 6.4

Участок	Тип тягового подвижного состава – масса	Раздельное питание							
		t_x	t_r	a	$Ka_{тр}$	$Ka_{лев}$	$a_{тр}$	$a_{лев}$	Ka
Б–О	ВЛ80-3800	0,29	0,19	1,48	0,65	0,5	1,4	1,2	0,71
О–Б	ВЛ80-4800	0,29	0,25	1,17	0,5	0,36	1,2	1	0,48
	ВЛ80-5600	0,29	0,21	1,37	0,65	0,5	1,4	1,2	0,63
	ВЛ80-7500	0,30	0,27	1,11	0,5	0,36	1,2	1	0,44
	ЧС4	0,19	0,07	2,76	1,3	1,15	2,8	2,4	1,28
	ЭР9	0,65	0,09	7,36	2,95	2,88	7,5	7	2,93
	О–М	ВЛ80-3800	0,43	0,36	1,17	0,5	0,36	1,2	1
М–О	ВЛ80-4800	0,45	0,41	1,09	0,5	0,36	1,2	1	0,42
	ВЛ80-5600	0,46	0,43	1,07	0,5	0,36	1,2	1	0,41
	ВЛ80-7500	0,52	0,49	1,04	0,5	0,36	1,2	1	0,39
	ЧС4	0,31	0,13	2,36	1,15	1	2,4	2	1,13
	ЭР9	0,75	0,13	5,86	2,5	2,35	6	5,5	2,46

Таблица 6.5

Определение предельно допустимого числа поездов, одновременно находящихся на пути, питаемом фидером f							a	b	$K_{\text{ГМ}}$	$K_{\text{ЭГМ}}$
Участок	Тип тягового подвижного состава – масса	$t_{\text{ХИФ}}$	Полное время хода по зоне по пути, питаемому фидером f , поезда наибольшей установленной массы $t_{\text{ХФ}}$, мин	Допустимый интервал по автоблокировке по тому же пути $j_{\text{аБФ}}$, мин	n_{0f}	$n_{\text{уст}0f}$				
Б–О	ВЛ80-3800	17,2	18,0	8,0	2,0	4,0	2,0	1,24	0,94	1,01
	ВЛ80-4800	17,3								
	ВЛ80-5600	17,6								
	ВЛ80-7500	18,0								
	ЧС4	11,1								
	ЭР9	39,0								
О–Б	ВЛ80-3800	17,1	18,0	8,0	2,0	4,0	2,0	1,24	0,94	1,01
	ВЛ80-4800	16,9								
	ВЛ80-5600	17,1								
	ВЛ80-7500	17,5								
	ЧС4	11,1								
	ЭР9	39,0								
О–М	ВЛ80-3800	24,9	25,2	8,0	3,0	2,0	0,7	1,15	0,92	1,00
	ВЛ80-4800	25,0								
	ВЛ80-5600	25,2								
	ВЛ80-7500	25,2								
	ЧС4	18,6								
	ЭР9	44,9								
М–О	ВЛ80-3800	25,6	25,2	8,0	3,0	2,0	0,7	1,15	0,92	1,00
	ВЛ80-4800	26,8								
	ВЛ80-5600	27,9								
	ВЛ80-7500	31,0								
	ЧС4	16,5								
	ЭР9	43,4								

Таблица 6.6

Заданная мощность короткого замыкания на вводах $S_{кз}, \text{МВ}\cdot\text{А}$	$N_{\text{тп}}$	Номинальная мощность тягового трансформатора i -го типа $S_{\text{тп}i}, \text{МВ}\cdot\text{А}$	Напряжения короткого замыкания тягового трансформатора $u_{\text{кзт}}, \%$	Токи плеч, питаемых опережающей фазой ($I_{\text{опл}}$) и отстающей ($I_{\text{отп}}$) определяются в зависимости от расчетного режима							
				I		II		III		IV	
				$I_{\text{опл}}$	$I_{\text{отп}}$	$I_{\text{опл}}$	$I_{\text{отп}}$	$I_{\text{опл}}$	$I_{\text{отп}}$	$I_{\text{опл}}$	$I_{\text{отп}}$
2088	1	20	0,1	758,5	1060,8	549,0	760,6	822,3	1108,9	543,9	820,5
	1	25	0,115								

Таблица 6.7

Участок	Длина расчетного расстояния $Y_p, \text{км}$	Длина межподстанционной зоны $L_s, \text{км}$	Средний ток поезда за время хода его по расчетному расстоянию $I_{\text{ор}}, \text{А}$	Расстояние между подстанцией и серединой расчетного расстояния $Y_{\text{ор}}, \text{км}$	Удельное сопротивление контактной сети $z, \text{Ом}/\text{км}$	Суммарный средний ток остальных поездов на том же пути $Y_p, \text{А}$				I режим			II режим			III режим			IV режим		
						I режим	II режим	III режим	IV режим	$\Delta U'$	$\Delta U''$	$\Delta U'''$	$\Delta U'$	$\Delta U''$	$\Delta U'''$	$\Delta U'$	$\Delta U''$	$\Delta U'''$	$\Delta U'$	$\Delta U''$	$\Delta U'''$
Б-О	21,2	51	241,67	10,6	0,384	244,6	604,4	302,2	302,2	983,7	995,5	836,4	983,7	2460,3	0,0	983,7	1230,2	976,3	983,7	1230,2	0,0
О-М	29,8		260,27	14,9	0,384	487,1	1120,4	560,2	560,2	1489,2	2786,9	1643,3	1489,2	6410,4	0,0	1489,2	3205,2	1890,0	1489,2	3205,2	0,0

Таблица 6.8

Номинальное напряжение тяговой обмотки при заданной позиции устройства РПН, $U_{2н}$, В	Линейное напряжение в системе внешнего электропитания при холостом ходе подстанции $U_{лн}$, В	Номинальное напряжение обмотки ВН трансформатора, $U_{лн}$, В	Потеря напряжения в тяговой сети от шин тяговой подстанции до токоприемника электроподвижного состава $\Delta U_{тс}$, В				Потери напряжения в системе внешнего электропитания и трансформаторах							
			I режим	II режим	III режим	IV режим	I режим		II режим		III режим		IV режим	
							$\Delta U_{отп1}$	$\Delta U_{отп2}$	$\Delta U_{отп1}$	$\Delta U_{отп2}$	$\Delta U_{отп1}$	$\Delta U_{отп2}$	$\Delta U_{отп1}$	$\Delta U_{отп2}$
28000	110000	110000	5528	7178	6185	4372	152	960	112	690	179	1013	89	728

Таблица 6.9

U_p				Напряжение на шинах тяговой подстанции $U_{ш}$, В			
I режим	II режим	III режим	IV режим	I режим	II режим	III режим	IV режим
18153	15854	17033	20274	26888	27197	26808	27183

Таблица 6.10

Расчет межпоездных интервалов (периода графика), допустимых по нагреву проводов контактной подвески								По напряжению				
Участок	$U_{дф}$	$t_{ср}$	$U_{дл}$	K_c	Межпоездной интервал j_f				Межпоездной интервал j_f			
					I режим	II режим	III режим	IV режим	I режим	II режим	III режим	IV режим
Б–О О–Б	90,9	$\frac{18,00}{17,13}$	830	1	2,1	4,0	2,1	2,1	9,2	11,9	10,4	7,2
О–М М–О	89,5	$\frac{25,22}{27,89}$	830	1	3,2	6,0	3,2	3,0	15,7	19,7	17,5	12,9

Таблица 6.11

Участок	По мощности тяговых подстанций	По нагреву проводов контактной подвески	По напряжению на токоприемнике электроподвижного состава	Число тяговых подстанций расчетного участка $K_{птг}$	Длина перегона расчетного участка L , км	Количество электрифицированных путей $N_{кэ}$	Развернутая длина контактной подвески расчетного участка $L_{кэ}$, км
Б – О	0,9999	0,75	0,75	1	21200	2	42400
О – М	0,9999	0,65	0,65	1	29800	2	59600

Таблица 6.12

Участок	$U_{эпт}$	$N_{птг}$ – число понизительных трансформаторов i -го типа подстанции	$S_{птг}$ – номинальная мощность понизительного трансформатора i -го типа, МВ•А	S_p – мощность районной и нетяговой нагрузки, МВ•А
Б – О	2233,14	1,00	25,00	3
О – М		1,00	20,00	

Таблица 6.13

Участок	Продолжительность технологического «окна» $t_{техн}$, мин	$\underline{t} = j_{\max}$	Коэффициент надежности соответствующей группы оборудования α_n			Наличная суточная пропускная способность n		
			по мощности тяговых подстанций	по нагреву проводов контактной подвески	по напряжению на токоприемнике электроподвижного состава	по мощности тяговых подстанций	по нагреву проводов контактной подвески	по напряжению на токоприемнике электроподвижного состава
Б – О	120	11,9	0,99	0,75	0,75	110,0	83,0	83,0
О – М	120	19,7	0,99	0,65	0,65	67,0	43,0	43,0

7 ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Результативная пропускная способность определяется по ограничивающему элементу, которым могут быть:

- на примыкающих к станции подходах (участках) – лимитирующие перегоны;
- на станциях – горловины, станционные пути, сортировочная горка, экипировочные устройства и др.;
- на электрифицированных линиях – система тягового электроснабжения и ее элементы, т.е.

$$N_p = \min (N_n^1, N_n^2, N_n^3, \dots, N_n^i, \dots, N_n^m) \text{ (см. разд. 1),}$$

где N_n^i – наличная пропускная способность i -го элемента.

Результативная пропускная способность рассчитывается по направлению движения (четное и нечетное), категориям поездов, а также в целом для станций и подходов, примыкающих к ней.

Результативная пропускная способность путей парков, предназначенных для обслуживания поездов одного направления (категории), равна сумме наличной пропускной способности путей тех парков, в которых обрабатываются поезда этого направления (категории). Если поезда одного направления (категории) проходят последовательно через несколько горловин станции, то результативная пропускная способность принимается по горловине с наименьшим значением наличной пропускной способности для поездов данного направления (категории). При использовании для приема или отправления поездов одного направления (категории) разных парков результативная пропускная способность равна сумме наличной пропускной способности ограничивающих элементов тех горловин, по которым проходят эти поезда.

Если на станциях с несколькими примыкающими подходами поезда одного подхода по прибытию и отправлению могут обрабатываться в разных парках, результативная пропускная способность данного подхода определяется как сумма наличной пропускной способности ограничивающих элементов горловин, входящих в маршруты приема (отправления) поездов в эти парки.

В железнодорожных узлах, где прием и отправление поездов одного направления осуществляется с разных станций (сортировочных систем), результативная пропускная способность элементов и устройств определяется

как сумма ограничивающих элементов узла, входящих в различные маршруты пропуска поездов.

Результативная пропускная способность станций и примыкающих к ней подходов определяется на основе анализа результатов расчетов наличной пропускной способности отдельных элементов и устройств. При этом следует рассматривать возможность перераспределения части работы между наиболее (ограничивающими) и менее загруженными элементами и устройствами за счет изменения технологии их работы. Примеры таких технологических приемов приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Объект, лимитирующий пропускную способность	Меры
Участок (перегон)	Изменение схемы пропуска поездов на ограничивающем перегоне
Приемо-отправочный парк с дефицитом путей	Введение скользящей специализации парков по приему-отправлению поездов (при наличии резерва в других парках)
Парк приема поездов, поступающих в переработку	Сокращение времени обработки составов. Уменьшение перерывов в работе горки (выдача подменного локомотива, сокращение времени на смену бригад)
Горловина	Изменение маршрутов поездных и маневровых передвижений, с целью снижения их враждебности
Горка	Увеличение числа горочных локомотивов. Сокращение операций по окончанию формирования на горке. Использование горки только для расформирования прибывающих поездов (выполнение вспомогательной сортировочной работы, повторной сортировки через вытяжные пути)
Вытяжные пути	Увеличение загрузки горки
Локомотивное хозяйство	Использование резерва пропускной способности стойл одних видов ремонта и обслуживания, для проведения других ремонтов и обслуживания. Сокращение непроизводительных простоев. Изменение маршрутов пропуска локомотивов по деповским путям

После рассмотрения всех возможных технологических решений по увеличению наличной пропускной способности ограничивающих элементов производится повторный расчет наличной пропускной способности этих элементов, и по наименьшему ее значению устанавливается **максимальная результативная пропускная способность**

$$\max H_p = \min H_n^i. \quad (7.1)$$

Максимальная величина результативной пропускной способности сопоставляется с потребной пропускной способностью ограничивающих элементов. Если она окажется меньше, т.е.

$$\max H_p = \min H_n^i, \quad (7.2)$$

где N_n^i – потребная пропускная способность i -го ограничивающего элемента, то разрабатывается комплекс мер по ее увеличению.

8 РАСЧЕТ ПОТРЕБНЫХ РЕСУРСОВ УСТРОЙСТВ ВАГОННОГО ХОЗЯЙСТВА

Для подразделений вагонного хозяйства производится расчет потребных ресурсов для обеспечения пропускной способности заданного объема поездопотока через станции Белорусской железной дороги, на которых предусматривается техническое обслуживание вагонов в поездах.

Расчеты производятся для пунктов технического обслуживания (ПТО) и пунктов подготовки вагонов к перевозкам (ППВ), выполняющих основной объем работ по техническому обслуживанию вагонов, текущий ремонт вагонов и контроль их технического состояния с целью обеспечения безотказного проследования вагонов в поездах и сохранности перевозимых грузов.

Определяются следующие **параметры, обеспечивающие устойчивую работу пунктов технического обслуживания вагонов** в соответствии с технологическим процессом и графиком движения поездов:

- *число комплексных бригад парков прибытия и отправления сортировочной станции при равномерном подводе поездов*

$$B = \frac{N_{\text{п}} t_{\text{обр}}}{1440}, \quad (8.1)$$

где $N_{\text{п}}$ – среднее число составов поездов, поступающих на обслуживание в сутки;

$t_{\text{обр}}$ – средняя продолжительность обработки составов поездов, мин;

- *необходимое число бригад при большой густоте движения и неравномерности прибытия поездов в течение суток*

$$B = \frac{t_{\text{обр}}}{I_{\text{п}}}, \quad (8.2)$$

где $I_{\text{п}}$ – расчетный интервал прибытия (отправления) поездов, мин;

- *расчетный интервал прибытия (отправления) поездов, который может быть определен по результатам обработки статистических данных или аналитически с использованием следующих выражений:*

$$I_{\text{п}} = \frac{I_{\text{пр(отпр)}}^{\min} + I_{\text{пр(отпр)}}}{2}, \quad (8.3)$$

где $I_{\text{пр(отпр)}}^{\min}$ – минимальный интервал прибытия (отправления) поездов на станцию (в расчетный парк), мин;

$I_{\text{пр(отпр)}}$ – средневзвешенный интервал прибытия (отправления) поездов на станцию (в расчетный парк), мин,

$$I_{\text{пр(отпр)}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{I_{\text{пр(отпр) } i}}}, \quad (8.4)$$

k – количество подходов, примыкающих к расчетному парку;

$I_{\text{пр(отпр) } i}$ – интервал прибытия (отправления) поездов на станцию (в расчетный парк) с i -го направления, мин,

$$I_{\text{пр(отпр) } i} = \frac{1440 \left(\frac{1}{\beta_{\text{рез}}} - \frac{1}{N_{\text{max}}} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n N_{\text{пост } ij} \epsilon_j \right)}{N_{ij}}, \quad (8.5)$$

$\alpha_{\text{рез}}$ – коэффициент резерва;

N_{max} – максимальная пропускная способность входного (выходного) участка станции (расчетного парка), поездов;

$N_{\text{пост } ij}$ – количество поездов j -й категории с i -го направления на линии подхода на станцию (в расчетный парк), где их техническое обслуживание не предусмотрено;

ϵ_j – коэффициент съема поездов j -й категории;

N_{ij} – количество поездов j -й категории с i -го направления на линии подхода на станцию (в расчетный парк), где предусмотрено их техническое обслуживание;

- средняя продолжительность обработки составов поездов

$$t_{\text{обр}} = m \sum_{i=1}^k \alpha_i t_{vi}, \quad (8.6)$$

где m – среднее число вагонов в составе поезда. Определяется по результатам обработки статистических данных за месяц максимальных перевозок;

β_i – доля вагонов i -го типа в составе поезда;

t_{vi} – норма времени, приходящаяся на техническое обслуживание одного вагона i -го типа. Принимается согласно технологическому процессу или определяется в соответствии с Инструктивно-методическими указаниями по размещению и совершенствованию работы пунктов подготовки к перевозкам и пунктов технического обслуживания вагонов [19];

- потребное (явочное) число работников бригад парков прибытия и отправления

$$R_{\text{яв}} = \frac{N \beta_n \beta_{\text{под}}}{t_{\text{обр}}}, \quad (8.7)$$

где H – средние затраты труда на осмотр и техническое обслуживание одного состава, чел. ч;

\bar{b}_n – коэффициент, учитывающий неравномерность прибытия поездов и непроизводительные простои и переходы ремонтных бригад, рекомендуется принимать $\bar{b}_n = 1,1 \dots 1,3$;

$\alpha_{\text{под}}$ – коэффициент, учитывающий время на подготовительно-заключительные операции, включая содержание рабочего места, перерывы на личные надобности (обед и др.). Принимается равным 1,15–1,20.

Пример 8.1. Рассчитаем число комплексных бригад в приемо-отправочном парке станции Б (рисунок 8.1), который обрабатывает поезда, поступающие с трех направлений. Рассматриваемый парк производит пропуск пассажирских поездов, прием и отправку транзитных поездов без переработки, прием транзитных поездов с переработкой с направлений А, В, Г. Перегоны, примыкающие к станции Б со стороны участков А – Б и Г – Б – двухпутные, участок В – Б, по которому в парк поступают транзитные поезда с переработкой и местные, а также проходят пассажирские и пригородные поезда, – однопутный. Часть необходимых для расчета исходных данных, включающая интервалы движения поездов и другие характеристики примыкающих участков, приведена в таблице 8.1. Размеры движения пассажирских и пригородных поездов по направлениям сведены в таблицу 8.2, размеры движения грузовых поездов и средневзвешенное время обработки поезда каждой категории в парке – в таблицу 8.3.

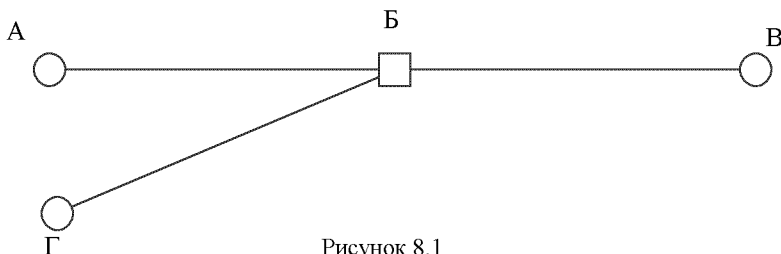


Рисунок 8.1

Таблица 8.1

Наименование данных	Обозначение	Величина	Размерность
Минимальные интервалы: прибытия пассажирских и пригородных поездов	$I_{\text{мин}}$	8	мин
прибытия грузовых поездов	$I_{\text{мин}}$	20	мин
отправления грузовых поездов	$I_{\text{мин}}$	20	мин
Коэффициенты съема: пассажирскими поездами	$\epsilon_{\text{пас}}$	1,2–1,4	
пригородными поездами	$\epsilon_{\text{приг}}$	1,1–1,3	
Коэффициенты резерва: для двухпутных линий	$\alpha_{\text{рез}}$	1,15	
для однопутных линий	$\alpha_{\text{рез}}$	1,2	

Окончание таблицы 8.1

Наименование данных	Обозначение	Величина	Размерность
Максимальная пропускная способность линий: двухпутной	N_{\max}	144	пар/сут
однопутной	N_{\max}	38	пар/сут

Таблица 8.2

Из	Категория поезда	На				
		Б	В	А	Г	Итого
Б	Пассажирские	-	4	1	-	5
	Пригородные	-	6	6	5	17
В	Пассажирские	4	-	2	4	10
	Пригородные	5	-	-	-	5
А	Пассажирские	1	2	-	1	4
	Пригородные	6	-	-	-	6
Г	Пассажирские	-	7	1	-	8
	Пригородные	5	-	-	-	5
Итого	Пассажирские	5	13	4	5	27
	Пригородные	16	6	6	5	33

Таблица 8.3

Направление	Прибытие						Отправление					
	Среднесуточное количество поездов				Средневзвешенное время обработки поезда в парке бригадами ПТО, мин		Среднесуточное количество поездов				Средневзвешенное время обработки поезда в парке бригадами ПТО, мин	
	тр. б/п	тр. с/п	местн.	всего	тр. б/п	тр. с/п	тр. б/п	тр. с/п	местн.	всего	тр. б/п	тр. с/п
В	12,4	8,8	0	26,1	68	61	10,2	6,7	0	22,9	62	39
А	10,2	7,1	0	17,3	40	40	12,4	6,5	0	18,9	40	30
Г	0,6	0,9	0,8	2,3	70	80	0,6	1,4	0,4	2,4	70	56
Всего	23,2	16,8	5,7	45,7			25,7	14,6	3,9	44,2		

Решение. Для нахождения расчетных интервалов прибытия поездов различных категорий следует определить:

1 Средневзвешенный интервал прибытия поездов в парк с i -го направления [см. формулу (8.5)], мин:

- транзитных поездов без переработки:

$$I_{\text{трл}} = \frac{1440 \cdot \left(\frac{1}{1,15} - \frac{1440}{144} \cdot (7,1 + 4 \cdot 1,3 + 6 \cdot 1,2) \right)}{10,2} = 103,6 \text{ мин.}$$

$$I_{\text{прГ}} = \frac{1440 \cdot \left(\frac{1}{1,15} - \frac{1440}{144} \cdot (1,7 + 8 \cdot 1,3 + 5 \cdot 1,2) \right)}{1,0} = 1071,2 \text{ мин.}$$

- транзитных поездов с переработкой:

$$I_{\text{прВ}} = \frac{1440 \cdot \left(\frac{1}{1,20} - \frac{1440}{38} \cdot (10 \cdot 1,3 + 5 \cdot 1,2) \right)}{8,8} = 54,5 \text{ мин.}$$

$$I_{\text{прА}} = \frac{1440 \cdot \left(\frac{1}{1,15} - \frac{1440}{144} \cdot (10,2 + 4 \cdot 1,3 + 6 \cdot 1,2) \right)}{7,1} = 144,5 \text{ мин.}$$

$$I_{\text{прГ}} = \frac{1440 \cdot \left(\frac{1}{1,15} - \frac{1440}{144} \cdot (1,0 + 8 \cdot 1,3 + 5 \cdot 1,2) \right)}{1,7} = 634,2 \text{ мин.}$$

2 Средневзвешенный интервал прибытия поездов в парк [см. формулу (6.4)]:

- транзитных поездов без переработки:

$$I_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{103,6} + \frac{1}{1071,2}} = 94,5 \text{ мин.}$$

- транзитных поездов с переработкой:

$$I_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{144,5} + \frac{1}{634,2} + \frac{1}{54,5}} = 37,2 \text{ мин.}$$

3 Расчетный интервал прибытия поездов в парк – по формуле (6.3):

- транзитных поездов без переработки:

$$I_{\text{р}} = \frac{20 + 94,5}{2} = 57,25 \text{ мин.}$$

- транзитных поездов с переработкой:

$$I_{\text{р}} = \frac{20 + 37,2}{2} = 28,60 \text{ мин.}$$

4 Число бригад для обработки поездов по прибытию (с учетом средневзвешенного времени) [см. формулу (6.2)]:

- транзитных поездов без переработки:

$$B^{\text{тп}} = \frac{(40 \cdot 10,2 + 70 \cdot 1,0) / (10,2 + 1,0)}{57,25} = 0,75;$$

- транзитных поездов с переработкой:

$$B^{\text{с/п}} = \frac{(61 \cdot 8,8 + 40 \cdot 7,1 + 80 \cdot 1,7) / (8,8 + 7,1 + 1,7)}{28,60} = 1,90.$$

Таким образом, для заданных условий требуется иметь одну бригаду для обработки транзитных без переработки поездов и две бригады – для поездов, прибывающих в расформирование.

9 ОЦЕНКА УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАЛИЧНОЙ ПРОПУСКНОЙ (ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ) СПОСОБНОСТИ ОСНОВНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВ

Одним из критериев оценки качества работы основных железнодорожных сооружений и устройств (перегонов, элементов станций, устройств локомотивного хозяйства, систем электроснабжения и др.) является коэффициент использования их пропускной (перерабатывающей) способности.

Расчетный коэффициент использования пропускной (перерабатывающей) способности определяется делением потребной пропускной ($N_{\text{п}}$) на наличную пропускную (перерабатывающую) ($N_{\text{н}}$) способность соответствующего устройства:

$$K_{\text{п}} = \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{н}}} \leq 1. \quad (9.1)$$

Потребная пропускная (перерабатывающая) способность – это число транспортных единиц (поездов, локомотивов, вагонов), которое может пропустить участок или обслужить станция (ее элемент) или иное устройство за расчетный период, чтобы обеспечить выполнение заданного размера перевозок. Она устанавливается на основе прогнозируемых размеров грузового и пассажирского движения в месяц максимальных перевозок, определяемых на базе экономических изысканий [см. формулу (1.1)]:

$$N_{\text{п}} = N_{\text{гр}} + N_{\text{г}} + N_{\text{сб}} + N_{\text{пасс}} + N_{\text{приг}},$$

Наличная пропускная способность участков (перегонов) устанавливается в зависимости от их технического оснащения (числа главных путей, типа устройств АТС, путевого развития отдельных пунктов, наличия разветвления линий, сплетения и совмещения путей и других особенностей) и системы организации движения поездов (принятого типа графика движения, наличия двойной тяги, подталкивания, движения соединенных поездов и др.) и определяется в соответствии с методическими рекомендациями, изложенными в разд. 2 пособия.

Для оценки уровня использования пропускной способности горловин и парков станции целесообразно воспользоваться формулами (3.17) и (3.29), позволяющими определить величину этого параметра по наиболее загру-

женному элементу горловины и уровень использования мощности приемо-отправочных парков.

Потребная перерабатывающая способность сортировочной горки определяется по формуле

$$n_{\text{п}}^{\text{г}} = \sum_{p=1}^P N_{\text{пер.р}} \bar{m}_{\text{пер}} (1 + \rho_{\text{т}}),$$

где $N_{\text{пер.р}}$ – число поездов, поступающих в переработку на горку с подхода P ;

$\bar{m}_{\text{пер}}$ – среднее число вагонов в составе;

$\rho_{\text{т}}$ – потребный технический резерв горки, связанный с компенсацией неравномерности прибытия и обработки поездов.

Уровень использования сортировочной горки может быть оценен через коэффициент полезного времени, необходимого для роспуска составов, поступающих с линии,

$$\Gamma_{\text{полезн}}^{\text{г}} = \frac{1440 \text{б}_\text{г} - t_{\text{пост}}^{\text{гор}} - t_{\text{техн}}^{\text{гор}} - t_{\text{повт}}^{\text{гор}}}{1440}. \quad (9.2)$$

(Условные обозначения, приведенные в формуле (9.2), см. в подразд. 4.1).

Загрузка вытяжных путей может быть определена по формуле (2.17).

Уровень использования пропускной способности устройств локомотивного хозяйства (ремонтных позиций, позиций экипировки, устройств топливо- и пескоснабжения, ходовых путей) устанавливается в соответствии с разд. 3 по формулам (3.4), (3.9), (3.10), (3.13), (3.19)–(3.24), (3.30)–(3.32), (3.35)–(3.37), (3.40).

Коэффициент использования тягового электроснабжения определяется для лимитирующего элемента по формуле (9.1). При этом наличную пропускную способность принимают расчетного участка.

Расчетные значения коэффициента использования пропускной способности конкретных участков, сооружений и устройств сравниваются с допустимыми значениями коэффициентов пропускной способности этих же сооружений и устройств и могут служить основанием для постановки вопроса о развитии сети.

Допустимый коэффициент использования пропускной (перерабатывающей) способности станционных устройств устанавливается исходя из обеспечения устойчивой работы станции с высокой эксплуатационной надежностью (т.е. при отсутствии задержек или минимальном числе) в периоды сгущенного прибытия и отправления поездов. Ориентировочные их значения могут быть приняты из таблицы 9.1.

Т а б л и ц а 9.1

Объект		Допустимый коэффициент заполнения пропускной способности
Участки	однопутные	0,79–0,85
	однопутные с двухпутными вставками	0,82–0,87
	двухпутные	0,87–0,91
Устройства локомотивного хозяйства		0,75–0,80
Устройства энергоснабжения		0,95–1,00
Станцион- ные уст- ройства	парки	0,85–0,90
	горловины	0,85–0,90
	сортировочные горки, вытяжные пути	0,70–0,80

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Архангельский, Е. В.** Железнодорожные станции (устройство и организация работы) / Е. В. Архангельский. – М. : Интекст, 1996. – 351 с.
- 2 **Архангельский, Е. В.** Расчет и проектирование сортировочных горок повышенной, большой и средней мощности : метод. указания / Е. В. Архангельский, Л. Б. Тишков. – М. : МИИТ, 1994. – 68 с.
- 3 Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты) / под ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1984. – 300 с.
- 4 Железнодорожные станции и узлы / В. М. Акулиничев [и др.]; под ред. В. М. Акулиничева. – М. : Транспорт, 1992. – 450 с.
- 5 Железнодорожные станции и узлы / В. Г. Шубко [и др.]; под ред. В. Г. Шубко, Н. В. Правдина. – М. : УМК МПС России, 2002. – 368 с.
- 6 Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. – М. : Транспорт, 1991. – 303 с.
- 7 **Каретников, А. Д.** График движения поездов / А. Д. Каретников, И. А. Воробьев. – М. : Транспорт, 1979. – 301 с.
- 8 **Луговцов, М. Н.** Проектирование железнодорожных станций и узлов : учеб. пособие / М. Н. Луговцов, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 154 с.
- 9 **Луговцов, М. Н.** Проектирование сортировочных горок : пособие / М. Н. Луговцов, В. Я. Негрей. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 170 с.
- 10 **Правдин, Н. В.** Проектирование железнодорожных станций и узлов. Ч. 1 / Н. В. Правдин, Т. С. Банек, В. Я. Негрей. – Минск : Выш. шк., 1984. – 287 с.
- 11 Сортировочные станции повышенной производительности : учеб. пособие / Н. В. Правдин [и др.]. – Гомель : БелИИЖТ, 1991. – 53 с.
- 12 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. – М. : Транспорт, 1992. – 104 с.
- 13 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М. : Техноформ, 2001. – 255 с.
- 14 **Савченко, И. Е.** Железнодорожные станции и узлы / И. Е. Савченко, С. В. Земблинов, И. И. Страковский. – М. : Транспорт, 1980. – 479 с.
- 15 Строительно-технические нормы МПС Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520 мм. СТН Ц-01-95. – М. : Транспорт, 1995. – 86 с.
- 16 **Сатырев, Ф. Е.** Выбор оптимальных способов расформирования составов с отцепками, запрещенными к спуску с горки / Ф. Е. Сатырев // Проблемы развития станций и узлов : межвуз. сб. науч. ст. – Гомель : БелИИЖТ, 1985. – С. 27–33.
- 17 Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. – М. : Техинформ, 1998. – 84 с.
- 18 Типовые нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. – М. : Транспорт, 1987. – 96 с.
- 19 Инструктивно-методические указания по размещению и совершенствованию работы пунктов подготовки к перевозкам и пунктов технического обслуживания вагонов. – М. : Транспорт, 1982. – 73 с.

20 СТП 09150.15.075–2008 Порядок планирования, организации предоставления и использования «окон» для ремонтных и строительно-монтажных работ на Белорусской железной дороге. – Введ. 2008-06-30. – Минск : Бел. ж. д., 2008. – 60 с.

21 Правила технической эксплуатации на Белорусской железной дороге : [утв. приказом Начальника Белорусской ж. д. № 292Н от 04.12.2002].

22 Инструкция по сигнализации на Белорусской железной дороге : [утв. приказом Начальника Белорусской ж. д. № 293Н от 04.12.2002].

23 Инструкция по движению поездов и маневровой работе на Белорусской железной дороге : [утв. приказом Начальника Белорусской ж. д. № 294Н от 04.12.2002].

24 СТП 09150.15.002–2001 Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов. – Введ. 2001-01-02. – Минск : Бел. ж. д., 2001. – 108 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

**ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
СИСТЕМ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

А.1 Определение коэффициента надежности α_n

Коэффициент надежности α_n :

- по мощности тяговых подстанций –

$$\sigma_n^{\text{пст}} = 1 - 9,43 \cdot 10^{-5} K_{\text{пст}}; \quad (\text{A.1})$$

- по нагреву проводов контактной подвески –

$$\sigma_n^{\text{наг}} = 1 - 5,8 \cdot 10^{-6} L_{\text{ксс}}; \quad (\text{A.2})$$

- по напряжению на токоприемнике электроподвижного состава –

$$\sigma_n^{\text{нап}} = \sigma_n^{\text{пст}} + \sigma_n^{\text{наг}} - 1, \quad (\text{A.3})$$

где $K_{\text{пст}}$ – число тяговых подстанций расчетного участка;

$L_{\text{ксс}}$ – развернутая длина контактной подвески расчетного участка, км.

Для новых участков (срок электрификации менее двух лет)

$$\sigma_n^{\text{пст}} = 1 - 3,4 \cdot 10^{-4} K_{\text{пст}}; \quad (\text{A.4})$$

$$\sigma_n^{\text{наг}} = 1 - 1,64 \cdot 10^{-5} L_{\text{ксс}}. \quad (\text{A.5})$$

А.2 Допустимые нагрузки основного оборудования тяговых подстанций

Система постоянного тока 3 кВ. Для преобразовательных агрегатов при пропуске средневзвешенных поездов

$$I_{\text{эпт}} = \sum_i I_{\text{в}i} N_{\text{в}i}, \quad (\text{A.6})$$

где $N_{\text{в}i}$ – число агрегатов i -го типа, за исключением резервных.

При пропуске поездов наибольшей установленной массы

$$I_{\text{эпт}} = 1,5 \sum_i I_{\text{в}i} N_{\text{в}i}, \quad (\text{A.7})$$

где $N_{\text{в}i}$ – общее число агрегатов i -го типа, включая резервные;

$I_{\text{в}i}$ – номинальный ток выпрямителя i -го типа, А.

Для тяговых трансформаторов

$$I_{\text{эпт}} = 1,3 \sum_i I_{\text{нтт}i} N_{\text{тт}i}, \quad (\text{A.8})$$

где $I_{\text{нтт}i}$ – номинальный ток тягового трансформатора i -го типа, А;

$N_{\text{тт}i}$ – число тяговых трансформаторов i -го типа.

Для понизительных трансформаторов

$$I_{\text{эпт}} = 266(1,3 \sum_i N_{\text{пт}i} S_{\text{пт}i} - S_p), \quad (\text{A.9})$$

где $N_{птi}$ – число понизительных трансформаторов i -го типа подстанции;
 $S_{птi}$ – номинальная мощность понизительного трансформатора i -го типа МВ·А;
 S_p – мощность районной и нетяговой нагрузки, МВ·А.
Система переменного тока 25 кВ.

$$I_{эпт} = 36,4(1,43 \sum_i N_{птi} S_{птi} - S_p). \quad (\text{A.10})$$

Система переменного тока 2×25 кВ. Для двухобмоточных однофазных трансформаторов

$$I_{эпт} = 680N_{пт}, \quad (\text{A.11})$$

- для трехобмоточных –

$$I_{эпт} = 1070N_{пт} - 11S_p. \quad (\text{A.12})$$

В формулах (А.8) – (А.12) в $N_{пт}$ и $N_{пт}$ при пропуске поездов наибольшей установленной массы и соединенных входят резервные агрегаты; при пропуске средневзвешенных поездов резервные агрегаты не учитываются.

А.3 Определение средних токов поездов и токов фидеров

А.3.1 Средние токи поездов

Средний ток поезда данного типа (массы) за время хода по рассматриваемой межподстанционной зоне в каждом направлении

$$I_0 = \frac{60}{t_{\text{хф}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{п}}} I_j \frac{\Delta l_j}{v_j}, \quad (\text{A.13})$$

где $N_{\text{п}}$ – число элементов таблицы тока и скорости для поезда данного типа (массы);
 I_j, v_j – значения тока и скорости на длине Δl_j j -го элемента таблицы.

Ток средневзвешенного поезда для соответствующего напряжения

$$I_{\text{срв}} = \frac{\sum_i I_{0i} N_i}{\sum_i N_i}, \quad (\text{A.14})$$

где I_{0i} – средний ток грузового поезда типа (массы) i , А;

N_i – графиковое число поездов типа (массы) i в сутки в данном направлении.

А.3.2 Ток, приходящийся на фидер f подстанции от поезда заданной массы

Одностороннее питание. Для раздельной схемы питания двухпутного участка и для однопутного участка при одном перегоне в рассматриваемой зоне

$$I_{\text{ф}f} = I_{0f}, \quad (\text{A.15})$$

где I_{0f} – для двухпутного участка – это средний ток на пути, питаемом фидером f ; для однопутного участка – это средний ток поезда, больший из определенных по обоим направлениям, А.

Для однопутного участка при числе перегонов более одного и типе графика движения:

- парном непакетном и парном пакетном –

$$I_{\psi f} = 0,5(I_0^{\text{np}} + I_0^{\text{об}}); \quad (\text{A.16})$$

- непарном непакетном и частично-пакетном –

$$I_{\psi f} = \frac{N_{\text{np}}}{N_{\text{np}} + N_{\text{об}}} I_0^{\text{np}} + \frac{N_{\text{об}}}{N_{\text{np}} + N_{\text{об}}} I_0^{\text{об}}, \quad (\text{A.17})$$

где N_{np} , $N_{\text{об}}$ – графиковые размеры движения соответственно в прямом и обратном направлениях;

I_0^{np} , $I_0^{\text{об}}$ – средний ток поезда соответственно в прямом и обратном направлениях,

А.

Для узловой и параллельной схем питания двухпутного участка

$$I_{\psi f} = I_{0f} K_{\text{I}} + I_0 (1 - K_{\text{II}}), \quad (\text{A.18})$$

где I_{0f} – средний ток поезда на пути, питаемом фидером f , А;

I_0 – средний ток поезда на соседнем пути, А;

K_{I} , K_{II} – коэффициенты перераспределения тока по путям;

$$K_{\text{I}} = \left[\left(\frac{I_{0f}}{I_{0f} + I_0} - 0,5 \right) \frac{I_{\text{п}}}{I_3 + I_0} + 0,5 \right] \left[\frac{z}{z_f + z} \left(1 - \frac{I_{\text{п}}}{I_3} \right) + 0,5 \left(1 + \frac{I_{\text{п}}}{I_3} \right) \right]; \quad (\text{A.19})$$

$$K_{\text{II}} = \left[\left(\frac{I_0}{I_{0f} + I_0} - 0,5 \right) \frac{I_{\text{п}}}{I_3 + I_0} + 0,5 \right] \left[\frac{z_f}{z_f + z} \left(1 - \frac{I_{\text{п}}}{I_3} \right) + 0,5 \left(1 + \frac{I_{\text{п}}}{I_3} \right) \right], \quad (\text{A.20})$$

$l_{\text{п}}$ – расстояние до ближайшего к фидеру f поперечного сечения, км;

l_3 – длина межподстанционной зоны, км;

z_f , z_f – удельное сопротивление соответственно контактной подвески пути, питаемого фидером f , и другого пути, Ом/км (см. приложение А 3.4).

Двустороннее питание. Для раздельного питания двухпутного участка

$$I_{\psi f} = \frac{1}{L_3} \sum_{j=1}^{N_{\text{п}}} I_j \Delta_j \left(1 - \frac{Z_{0j}}{Z_3} \right), \quad (\text{A.21})$$

где

$$Z_3 = z_f l_3; \quad (\text{A.22})$$

$$Z_{0j} = z_f \sum_{i=1}^{i=j} \Delta_i. \quad (\text{A.23})$$

Для узлового и параллельного питания двухпутного участка

$$I_{\psi f} = I_{\text{фI}} K_{\text{I}} + I_{\text{фII}} (1 - K_{\text{II}}). \quad (\text{A.24})$$

Для однопутного участка при одном перегоне в зоне $I_{\psi f}$ определяется по формуле (А.21) для направления с большим токопотреблением. При числе перегонов в зоне более одного и типе графика движения:

- парном непакетном и пакетном –

$$I_{\Phi f} = \frac{0,5}{I_3} \left[\sum_{j=1}^{N_{np}^{np}} I_j^{np} \Delta I_j^{np} \left(1 - \frac{Z_{0j}^{np}}{Z_3} \right) + \sum_{j=1}^{N_{об}^{об}} I_j^{об} \Delta I_j^{об} \left(1 - \frac{Z_{0j}^{об}}{Z_3} \right) \right]; \quad (\text{A.25})$$

- непарном непакетном и частично-пакетном –

$$I_{\Phi f} = \frac{1}{I_3} \left[\frac{N_{np}}{N_{np} + N_{об}} \sum_{j=1}^{N_{np}^{np}} I_j^{np} \Delta I_j^{np} \left(1 - \frac{Z_{0j}^{np}}{Z_3} \right) + \frac{N_{об}}{N_{np} + N_{об}} \sum_{j=1}^{N_{об}^{об}} I_j^{об} \Delta I_j^{об} \left(1 - \frac{Z_{0j}^{об}}{Z_3} \right) \right]. \quad (\text{A.26})$$

А.3.3 Ток, приходящийся на фидер f от средневзвешенного поезда

Для однопутного участка и раздельной схемы питания двухпутного участка при одно- и двустороннем питании

$$I_{\Phi}^{срв} = \frac{\sum_i I_{\Phi f i} N_i}{\sum_i N_i}, \quad (\text{A.27})$$

где $I_{\Phi f i}$ определен для поезда типа (массы) i по формуле (А.13) для одностороннего или по формуле (А.21) для двустороннего питания двухпутного участка; по формулам (А.15), (А.16) или (А.17) – для одностороннего питания однопутного участка; по формулам (А.21), (А.25) или (А.26) – для двустороннего питания однопутного участка.

Для узловой и параллельной схем питания двухпутного участка (одно- и двустороннего)

$$I_{\Phi}^{срв} = \frac{\sum_i I_{\Phi I i} N_{I i}}{\sum_i N_{I i}} K_I + \frac{\sum_i I_{\Phi II i} N_{II i}}{\sum_i N_{II i}} (1 - K_{II}), \quad (\text{A.28})$$

где $I_{\Phi I i}$, $I_{\Phi II i}$ определяется для соответствующего направления (I – для пути, питаемого фидером f , II – для другого пути) по формуле (А.13) для одностороннего и по формуле (А.21) для двустороннего питания; K_I определяется по формуле (А.19), K_{II} – по формуле (А.20) для I_{0f} и I_0 , определенных по формуле (А.14).

А.4 Параметры тяговых сетей

Таблица А.1

Марка проводов контактной сети	$I_{дф}$, А	Z , Ом/км		
		Однопутный участок	Двухпутный участок с питанием путей	
			раздельным и узловым	параллельным
<i>Постоянный ток 3 кВ (износ контактного провода 15 %)</i>				
МФ120+2МФ100	1630	0,070	0,067	0,034
МФ120+2МФ100+А185	2190	0,054	0,049	0,026
МФ120+2МФ100+2А185	2770	0,044	0,040	0,021
МФ120+2МФ100+3А185	3370	0,038	0,034	0,018
ПБСМ95+2МФ100	1300	0,094	0,089	0,046
ПБСМ95+2МФ100+А185	1690	0,064	0,060	0,032
ПБСМ95+2МФ100+2А185	2280	0,049	0,045	0,024

Окончание таблицы А.1

Марка проводов контактной сети	$I_{дб}$, А	Z , Ом/км		
		Однопутный участок	Двухпутный участок с питанием путей	
			раздельным и узловым	параллельным
М120+2МФ150	1860	0,062	0,058	0,031
М120+2МФ150+А185	2260	0,048	0,045	0,024
М120+2МФ150+2А185	2930	0,040	0,036	0,020
М120+2МФ150+3А185	3520	0,035	0,031	0,017
<i>Переменный ток 25 кВ</i>				
ПБСМ70+МФ100	810	0,439	0,405	0,255
ПБСМ95+МФ100	830	0,415	0,384	0,243
М95+МФ100	1170	0,362	0,332	0,217
ПБСА50/70+НЛЮл0,04Ф-100	800	0,424	0,398	0,248
ПБСМ70+МФ100+А185	1350	0,303	0,275	0,185
ПБСМ95+МФ100+А185	1390	0,296	0,267	0,181
ПБСМ95+МФ100+2А95	1520	0,283	0,255	0,169
ПБСМ95+МФ100+2А120	1550	0,278	0,249	0,167
ПБСА50/70+НЛЮл0,04-100+А185	1360	0,300	0,271	0,179

Таблица А.2

Марка проводов контактной сети	Марка экранирующего провода	$I_{дб}$, А	Z , Ом/км		
			Однопутный участок	Двухпутный участок с питанием путей	
				раздельным и узловым	параллельным
<i>Переменный ток 25 кВ с ЭУП (экранирующий и усиливающий провода)</i>					
ПБСМ95+МФ100+А185	А185	1310	0,243	0,230	0,136
ПБСМ95+МФ100+2А95	2А95	1320	0,219	0,207	0,122

Таблица А.3

Марка проводов контактной сети	Марка питающего провода			$Z_{им}$, Ом/км	Z , Ом/км			
	контактной сети	$I_{дб}$, А			Однопутный участок	Двухпутный участок с питанием путей		
						раздельным и узловым	параллельным	
<i>Переменный ток 2×25 кВ</i>								
ПБСМ95+МФ100	А185	830	590	0,26	0,170	0,170	0,085	
ПБСМ95+МФ100	2А95	830	750	0,28	0,155	0,155	0,078	
ПБСМ95+МФ100+А185	2А185	1390	1180	0,10	0,085	0,085	0,043	

А.5 Коэффициент неравномерности токопотребления поезда K_α

Для определения K_α необходимо подсчитать

$$\alpha = t_x/t_r, \quad (\text{A.29})$$

где t_x – для одно- и двухпутного участков с раздельным питанием – это полное время хода поезда по межподстанционной зоне по тому пути, для которого рассчитывается нагрев проводов контактной подвески; для двухпутного участка с узловым и параллельным питанием – это сумма полных времен хода поезда по межподстанционной зоне в рассматриваемом и обратном направлениях, мин;

t_r – то же при движении под током.

В зависимости от α коэффициент K_α определяется следующим образом:

α	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,0	3,5	4,0
K_α	0,36	0,50	0,65	0,75	0,90	1,00	1,15	1,30	1,40	1,60	1,80
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
	2,00	2,20	2,35	2,50	2,65	2,88	2,95	3,05	3,20	3,35	3,45
											3,60

При промежуточных значениях α значение K_α определяется линейной интерполяцией по формуле

$$K_\alpha = \frac{(K_\alpha^{\text{сп}} - K_\alpha^{\text{лев}})(\alpha - \alpha^{\text{лев}})}{\alpha^{\text{сп}} - \alpha^{\text{лев}}} + K_\alpha^{\text{лев}}, \quad (\text{A.30})$$

где $\alpha^{\text{сп}}$, $\alpha^{\text{лев}}$ – соответственно граничные значения α слева и справа от искомого;

$K_\alpha^{\text{сп}}$, $K_\alpha^{\text{лев}}$ – соответствующие $\alpha^{\text{сп}}$ и $\alpha^{\text{лев}}$ значения K_α .

А.6 Коэффициенты учета разнотипности поездов $K_{\text{пм}}$ и $K_{\text{зм}}$

А.6.1 Определение предельно допустимого числа поездов, одновременно находящихся на пути, питаемом фидером f

Двухпутный участок. По условиям автоблокировки в межподстанционной зоне на пути, питаемом фидером f , может одновременно находиться n_{0f} поездов, определяемое по формуле

$$n_{0f} = t_{xf} / j_{\text{а6f}}, \quad (\text{A.31})$$

где t_{xf} – полное время хода по зоне по пути, питаемому фидером f , поезда наибольшей установленной массы, мин;

$j_{\text{а6f}}$ – допустимый интервал по автоблокировке по тому же пути, мин.

Из этого общего числа n_{0f} поездов наибольшей установленной массы может быть пропущено

$$n_{0f}^{\text{уст}} = \frac{t_{xf}}{j_{\text{а6f}} \left(\frac{I_0}{I_{\text{срв}}} - 1 \right)} \left[\left(\frac{j_{\text{а6f}}}{j_f} - \frac{I_{\text{срв}}}{I_0} \left(1 - \frac{j_{\text{а6f}}}{j_f} \right) \right) \frac{I_0}{I_{\text{срв}}} - 1 \right], \quad (\text{A.32})$$

где j_f – интервал между поездами установленной массы, определенный по формуле (А.10), мин;

$I_0, I_{срв}$ – средний ток поезда соответственно наибольшей установленной массы и средневзвешенного, определенный по формулам. (А.13) и (А.14), А.

Однопутный участок. Предельно допустимое число поездов, которое может одновременно находиться в межподстанционной зоне, питаемой фидером f :
 - при одном перегоне в зоне –

$$n_{0f} = \frac{t_{xf}^{np}}{j_{аб}^{np}}; \quad (A.33)$$

- при числе перегонов в зоне более одного –

$$n_{0f} = \frac{t_{xf}^{np} + t_{xf}^{об}}{T_{пабф}}, \quad (A.34)$$

где $t_{xf}^{np(об)}$ – полное время хода поезда наибольшей установленной массы в прямом (обратном) направлениях по зоне, питаемой фидером f , мин;

$T_{пабф}$ – допустимый (заданный) по условиям организации движения период графика, мин.

Тогда предельно допустимое число поездов, которое может находиться в пределах межподстанционной зоны,

$$n_{0f}^{уст} = \frac{t_{xf}^{np} + t_{xf}^{об}}{T_{пабф} \left(\frac{I_0}{I_{срв}} - 1 \right)} \left[\left(\frac{T_{пабф}}{T_{пф}} - \frac{I_{срв}}{I_0} \left(1 - \frac{T_{пабф}}{T_{пф}} \right) \right) \frac{I_0}{I_{срв}} - 1 \right], \quad (A.35)$$

где $I_0, I_{срв}$ – определяются по формулам (А.13) и (А.14) для поездов более загруженного направления, А;

$T_{пф}$ – определяется по формуле (А.12), мин.

А.6.2 Расчетные формулы

$$K_{пм} = \frac{1 + \frac{a}{1+a}(b-1)}{b}; \quad (A.36)$$

$$K_{пм} = \frac{1 + \frac{a}{1+a}(b^2-1)}{\left[1 + \frac{a}{1+a}(b-1) \right]^2}, \quad (A.37)$$

где $a = n_{0f}^{уст} / n_{0f}$; $b = I_0 / I_{срв}$.

А.7 Определение межпоездного интервала при $j_f \geq t_{xf}$

Если в результате расчета j_f для I, II или IV режимов получилось, что $j_f \geq t_{xf}$, необходимо выполнить следующее.

Определить отношение I_0/I_{xf} , где I_0 рассчитывается по формуле (А.13) для поезда наибольшей установленной массы (для I и IV режимов) или соединенного (для II

режима), а I_{df} определяется по приложению А.4 с учетом условий рассматриваемого режима. По отношению I_0/I_{df} и соотношению между j_f и t_{sf} по соответствующей кривой рисунка А.1 определяется величина t_d .

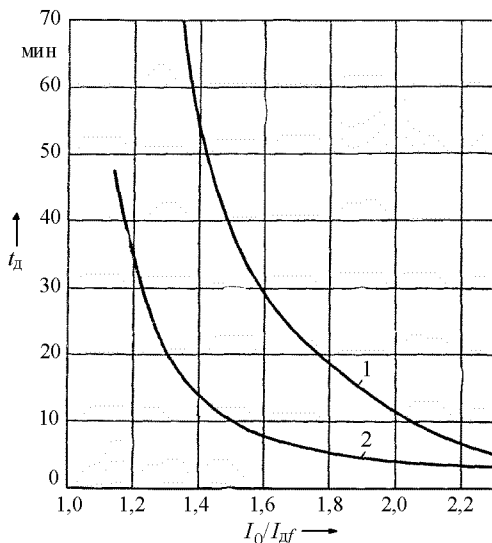


Рисунок А.1

Если $t_{sf} \leq t_d$, то принимается $j_f = t_d$. Если $t_{sf} > t_d$, то это означает, что поезд наибольшей установленной массы (I и IV режимы) или соединенный (II режим) вообще не может быть пропущен по данной зоне по пути, питаемому фидером f . Если $t_{sf} > t_d$ для I режима, то III режим рассчитывать не надо.

А.8 Расчет напряжения на токоприемнике электроподвижного состава U_p

Общая расчетная формула

$$U_p = \frac{U_{ш}}{\Delta U_{тс}}, \quad (\text{А.38})$$

где $U_{ш}$ – напряжение на шинах тяговой подстанции, В;

$\Delta U_{тс}$ – потеря напряжения в тяговой сети от шин тяговой подстанции до токоприемника электроподвижного состава, В.

А.8.1 Определение напряжения на шинах тяговой подстанции $U_{ш}$

Постоянный ток. Напряжение на шинах тяговой подстанции

$$U_{ш} = U_{xx} - cI_{пер}, \quad (\text{А.39})$$

где U_{xx} – заданное напряжение холостого хода тяговой подстанции, В;
 ρ – внутреннее сопротивление тяговой подстанции, Ом,

$$c = K_p \left(\frac{1}{S_{кз}} + \frac{0,01u_{кнт}}{\sum_i S_{нптi} N_{пв}} + \frac{0,01u_{кст}}{\sum_i S_{птi} N_{тв}} \right), \quad (\text{A.40})$$

$K_p = 6,6$ для шестифазных преобразователей; $K_p = 3,4$ для 12-фазных преобразователей;

$S_{кз}$ – заданная мощность короткого замыкания на вводах, МВ·А;

$u_{кнт}$, $u_{кст}$ – напряжение короткого замыкания соответственно понизительного и тягового трансформатора, %;

$S_{нптi}$, $S_{птi}$ – номинальная мощность соответственно понизительного и тягового трансформатора i -го типа, МВ·А;

$I_{пст}$ – ток тяговой подстанции, А.

Ток тяговой подстанции определяется в зависимости от расчетного режима и числа путей.

Режим I:

- двухпутный участок –

$$I_{пст} = \sum_{f \in F} \left[\left(\frac{t_{xf}}{j_{абf}} - 1 \right) I_{\Phi f}^{срв} + I_{\Phi f}^{уст} \right]; \quad (\text{A.41})$$

- однопутный участок –

$$I_{пст} = \sum_{f \in F} \left[\left(\frac{t_{xf}^{np} + t_{xf}^{об}}{T_{\Psi f}^{аб}} - 1 \right) I_{\Phi f}^{срв} + I_{\Phi f}^{уст} \right]. \quad (\text{A.42})$$

Режим II:

$$I_{пст} = \sum_{f \in F_n} \frac{t_{xf}}{j_{абf}} I_{\Phi f}^{соед}. \quad (\text{A.43})$$

Режим III:

- двухпутный участок –

$$I_{пст} = \sum_{f \in F} \frac{t_{xf}}{j_{абf}} I_{\Phi f}^{уст}, \quad (\text{A.44})$$

- однопутный участок –

$$I_{пст} = \sum_{f \in F} \frac{t_{xf}^{np} + t_{xf}^{об}}{T_{\Psi f}^{аб}} I_{\Phi f}^{уст}. \quad (\text{A.45})$$

Режим IV:

$$I_{пст} = \sum_{f \in F_n} \frac{t_{xf}}{j_{абf}} I_{\Phi f}^{уст}. \quad (\text{A.46})$$

В формулах (A.41) – (A.46):

- F – общее число фидеров подстанции;
 F_n – число фидеров данной подстанции, питающих путь, по которому осуществляется движение поездов в период «окна»;
 t_{xf} – время хода поезда наибольшей установленной массы (I, III, IV режимы) и соединенного (II режим) по межподстанционной зоне по пути, питаемому фидером f , мин;
 j_{abf} – заданный интервал по автоблокировке на пути, питаемом фидером f , мин;
 $I_{\Phi f}^{срв}$ – ток фидера f от средневзвешенного поезда, А; определяется по формуле (А.27) или (А.28) в зависимости от числа путей и схемы питания контактных подвесок путей;
 $I_{\Phi f}^{уст}$, $I_{\Phi f}^{соел}$ – ток фидера f от поезда соответственно наибольшей установленной массы (для однопутного участка – в сторону большего токопотребления) и соединенного, А; определяется по формулам (А.15) – (А.26) в зависимости от числа путей и схемы питания контактных подвесок.
 $t_{xf}^{пр}$, $t_{xf}^{об}$ – для однопутного участка время хода поезда наибольшей установленной массы (I и III режимы) в прямом и обратном направлениях по межподстанционной зоне, питаемой фидером f , мин;
 $T_{\Gamma f}^{аб}$ – заданный по условиям организации движения период графика на лимитирующем перегоне, мин;

Переменный ток. Для обеих систем переменного тока напряжение на шинах тяговой подстанции

$$U_{ш} = U_{2н} \frac{U_{п}}{U_{1н}} - \Delta U_{тп}, \quad (\text{А.47})$$

где $U_{2н}$ – номинальное напряжение тяговой обмотки при заданной позиции устройства РПН, В;

$U_{п}$ – линейное напряжение в системе внешнего электроснабжения при холостом ходе подстанции, В;

$U_{1н}$ – номинальное напряжение обмотки ВН трансформатора, В;

$\Delta U_{тп}$ – потери напряжения в системе внешнего электроснабжения и трансформаторах, В, определяемое по приведенной методике.

Если на подстанции имеется установка продольной компенсации, то $\Delta U_{тп} = 0$.

Для системы переменного тока 25 кВ с трехфазными трансформаторами для плеча, питаемого опережающей фазой,

$$\Delta U_{тп}^{он} = \left(\frac{1350}{S_{кз}} + \frac{9,075 u_{кит}}{\sum_i S_{птпi} N_{птпi}} \right) (I_{пл}^{он} - 0,5 I_{пл}^{от}); \quad (\text{А.48})$$

- для плеча, питаемого отстающей фазой,

$$\Delta U_{тп}^{от} = \left(\frac{1350}{S_{кз}} + \frac{9,075 u_{кит}}{\sum_i S_{птпi} N_{птпi}} \right) (0,5 I_{пл}^{он} - I_{пл}^{от}). \quad (\text{А.49})$$

Токи плеч, питаемых опережающей ($I_{птп}^{он}$) и отстающей ($I_{птп}^{от}$) фазами определя-

ются в зависимости от расчетного режима.

Режим I:

- двухпутный участок –

$$I_{\text{пл}}^{\text{оп(от)}} = \sum_{f \in F_{\text{оп(от)}}} \left[\left(\frac{t_{\text{xf}}}{j_{\text{абф}}} - 1 \right) I_{\text{ф}}^{\text{срв}} + I_{\text{ф}}^{\text{уст}} \right]; \quad (\text{A.50})$$

- однопутный участок –

$$I_{\text{пл}}^{\text{оп(от)}} = \left(\frac{t_{\text{xf}}^{\text{пр}} + t_{\text{xf}}^{\text{об}}}{T_{\text{пф}}^{\text{аб}}} - 1 \right) I_{\text{ф}}^{\text{срв}} + I_{\text{ф}}^{\text{уст}}. \quad (\text{A.51})$$

Режим II:

- двухпутный участок –

$$I_{\text{пл}}^{\text{оп(от)}} = \sum_{f \in F_{\text{н оп(от)}}} \frac{t_{\text{xf}}}{j_{\text{абф}}} I_{\text{ф}}^{\text{соед}}; \quad (\text{A.52})$$

- однопутный участок –

$$I_{\text{пл}}^{\text{оп(от)}} = \frac{t_{\text{xf}}}{j_{\text{абф}}} I_{\text{ф}}^{\text{соед}}. \quad (\text{A.53})$$

Режим III:

- двухпутный участок –

$$I_{\text{пл}}^{\text{оп(от)}} = \sum_{f \in F_{\text{оп(от)}}} \frac{t_{\text{xf}}}{j_{\text{абф}}} I_{\text{ф}}^{\text{уст}}; \quad (\text{A.54})$$

- однопутный участок –

$$I_{\text{пл}}^{\text{оп(от)}} = \frac{t_{\text{xf}}^{\text{пр}} + t_{\text{xf}}^{\text{об}}}{T_{\text{пф}}^{\text{аб}}} I_{\text{ф}}^{\text{уст}}. \quad (\text{A.55})$$

Режим IV:

- двухпутный участок –

$$I_{\text{пл}}^{\text{оп(от)}} = \sum_{f \in F_{\text{н оп(от)}}} \frac{t_{\text{xf}}}{j_{\text{абф}}} I_{\text{ф}}^{\text{уст}}; \quad (\text{A.56})$$

- однопутный участок –

$$I_{\text{пл}}^{\text{оп(от)}} = \frac{t_{\text{xf}}}{j_{\text{абф}}} I_{\text{ф}}^{\text{уст}}. \quad (\text{A.57})$$

В формулах (A.50) – (A.57):

$F_{\text{оп(от)}}$ – фидеры, питающие плечо опережающей (отстающей) фазы;

$F_{\text{н оп(от)}}$ – то же в период «окна».

Для системы переменного тока 2×25 кВ с однофазными трансформаторами

$$\Delta U_{\text{пт}} = \left(\frac{1350}{S_{\text{кз}}} + \frac{5u_{\text{кпт}}}{\sum_i S_{\text{итп}}' N_{\text{пт}}'} \right) I_{\text{пт}}, \quad (\text{A.58})$$

где $I_{\text{пт}}$ определяется в зависимости от расчетного режима и числа путей по одной из формул (A.50)–(A.57).

А.8.2 Определение потери напряжения $\Delta U_{\text{тс}}$

Значение $\Delta U_{\text{тс}}$ представляет собой потерю напряжения на токоприемнике электроподвижного состава, среднюю за время хода поезда по расчетному расстоянию. Расчетное расстояние включает два блок-участка (при системе сигнализации с двухблочным разграничением) или три блок-участка (при системе сигнализации с трехблочным разграничением), на которых в процессе эксплуатации наблюдаются наиболее низкие значения напряжения в контактной сети. На однопутных участках, не оборудованных системой автоблокировки, в качестве расчетного расстояния принимается лимитирующий перегон.

Потеря напряжения

$$\Delta U_{\text{тс}} = \Delta U' + \Delta U'' + \Delta U''', \quad (\text{A.59})$$

где $\Delta U'$ – потеря напряжения от тока поезда, находящегося на расчетном расстоянии, В;

$\Delta U''$ – потеря напряжения, вызванная токами остальных поездов, находящихся на том же пути, В;

$\Delta U'''$ – потеря напряжения, вызванная токами поездов на соседнем пути двухпутного участка, имеющего поперечные соединения контактных подвесок путей для I и III расчетных режимов, В.

Составляющие формулы (A.59) рассчитываются в зависимости от расчетного режима и схемы питания следующим образом:

- *одностороннее питание:*

$$\Delta U' = zI_{\text{он}}I_{\text{он}}; \quad (\text{A.60})$$

$$\Delta U'' = \frac{zI_{\text{п}}}{8(l_3 - l_{\text{п}})} \left[l_{\text{п}}^2 - 4l_{\text{оп}}^2 + 8l_{\text{оп}}(l_3 - l_{\text{п}}) \right]; \quad (\text{A.61})$$

$$\Delta U''' = \frac{zI_{\text{п}}}{l_3} \left[\frac{l_{\text{оп}}}{2} (2l_3 - l_{\text{оп}}) - \frac{l_{\text{п}}^2}{24} \right]; \quad (\text{A.62})$$

- *двустороннее питание:*

раздельная и параллельная схемы питания –

$$\Delta U' = \frac{zI_{\text{оп}}}{l_3} \left(l_3 l_{\text{оп}} - l_{\text{оп}}^2 - \frac{l_{\text{п}}^2}{24} \right); \quad (\text{A.63})$$

$$\Delta U'' = \frac{zI_{\text{п}}}{2l_3(l_3 - l_{\text{п}})} \left[l_{\text{оп}}(l_3 - l_{\text{оп}})(l_3 - 2l_{\text{п}}) + \frac{l_3^2 l_{\text{оп}}^2}{4} \right]; \quad (\text{A.64})$$

$$\Delta U'' = \frac{z_p I_p}{2l_3} \left[l_{op} (l_3 - l_{op}) - \frac{l_p^2}{12} \right]; \quad (\text{A.65})$$

узловая схема питания –

$$\Delta U' = \frac{z_p z_c}{z_p + z_c} I_{op} \left[l_{op} - \frac{l_3 z_p + l_{nc} z_c}{l_3 l_{nc} (z_p + z_c)} \left(l_{op}^2 + \frac{l_p^2}{12} \right) \right]; \quad (\text{A.66})$$

$$\Delta U'' = z_p I_p \frac{l_{op}}{l_3 - l_p} \left[l_{nc} - l_{op} - \frac{l_p}{2} - \frac{l_3 z_p + l_{nc} z_c}{l_3 l_{nc} (z_p + z_c)} \left(\frac{l_{nc}^2}{2} - l_{op} l_p \right) + \frac{\left(l_{op} - \frac{l_p}{2} \right)^2}{2l_{op}} + \frac{z_c (l_3 + l_{nc})^2}{2l_3 (z_p + z_c)} \right]; \quad (\text{A.67})$$

$$\Delta U''' = z_c I_c \frac{z_c I_{op} (l_3 - l_{nc})}{2l_3 (z_p + z_c)}, \quad (\text{A.68})$$

где z – удельное сопротивление контактной сети, Ом/км; определяется по таблицам приложения А.4;

z_p, z_c – удельное сопротивление контактной подвески одного пути, соответственно расчетного и соседнего, при узловом питании, Ом/км; определяется по таблицам приложения А.4;

l_{op} – расстояние между подстанцией и серединой расчетного расстояния, км;

l_{nc} – расстояние между подстанцией и ближайшим к ней поперечным соединением (постом секционирования или пунктом параллельного соединения), км;

l_p – длина расчетного расстояния, км;

l_3 – длина межподстанционной зоны, км;

I_{op} – средний ток поезда за время хода его по расчетному расстоянию, А,

$$I_{op} = \frac{60}{J_f^{ab}} \sum_{j \in N_p} I_j \frac{\Delta l_j}{v_j}; \quad (\text{A.69})$$

N_p – совокупность элементов таблицы $I_j (\Delta l_j)$ на расчетном расстоянии l_p , причем для I, III и IV расчетных режимов используется таблица для поезда наибольшей установленной массы, для второго режима – соединенного;

I_p – суммарный средний ток остальных поездов на том же пути, равный для всех четырех режимов на двухпутном участке и для II и IV режимов на однопутном участке, А,

$$I_p = \left(\frac{t_{xf}}{J_f^{ab}} - 1 \right) I_{сопр}; \quad (\text{A.70})$$

t_{xf} – время хода по зоне поезда наибольшей установленной массы по расчетному пути, мин;

J_f^{ab} – заданный интервал по автоблокировке на расчетном пути, мин;

$I_{сопр}$ – ток сопутствующего поезда на расчетном пути: для I режима $I_{сопр} = I_{срв}$ [определяется по формуле (А.14)], для остальных режимов $I_{сопр} = I_0$ [определя-

ется по формуле (А.13)], причем для II режима – для соединенного поезда, а для III и IV режимов – для поезда установленной массы; для I и III режимов на однопутном участке

$$I_p = \left(\frac{t_{xf}^{np} + t_{xf}^{обр}}{T_{пф}^{аб}} - 1 \right) I_c, \quad (\text{A.71})$$

$t_{xf}^{np}, t_{xf}^{обр}$ – время хода поезда установленной массы по межподстанционной зоне соответственно в прямом и обратном направлениях, мин;

$T_{пф}^{аб}$ – заданный по условиям организации движения период графика на лимитирующем перегоне, мин;

I_c – суммарный средний ток всех поездов на соседнем пути; определяется только для I и III режимов двухпутного участка; (для II и IV режимов $I_c = 0$):

режим I –

$$I_c = \frac{t_{xc}}{j_{абс}} I_{срвс}, \quad (\text{A.72})$$

t_{xc} – время хода поезда установленной массы по соседнему пути рассматриваемой межподстанционной зоны, мин;

$j_{абс}$ – интервал по автоблокировке на соседнем пути, мин;

$I_{срвс}$ – ток средневзвешенного поезда на соседнем пути, А, определяется по формуле (А.14);

режим III –

$$I_c = \frac{t_{xc}}{j_{абс}} I_{ос}, \quad (\text{A.73})$$

$I_{ос}$ – ток поезда установленной массы на соседнем пути, А; определяется по формуле (А.13).

При расчете системы 2×25 кВ к значению ΔU , рассчитанному по формуле (А.59), добавляется потеря напряжения от местных токов между автотрансформаторами, где находится расчетное расстояние:

$$\Delta U_m = z_{им} j_{ар} K_{мс} I_{ор}, \quad (\text{A.74})$$

где $z_{им}$ – расчетное значение местной составляющей сопротивления тяговой сети, Ом/км (см. А.4);

$l_{ар}$ – длина участка между автотрансформаторами, где находится расчетное расстояние, км;

$K_{мс}$ – коэффициент среднего значения местной составляющей: при двустороннем питании и номинальной мощности автотрансформатора $S_a = 10$ МВ·А $K_{мс} = 0,27$; при $S_a = 16$ МВ·А $K_{мс} = 0,22$; при одностороннем питании $K_{мс} = 0,6$.

Если на рассматриваемой межподстанционной зоне (система переменного тока) применено устройство поперечной компенсации, то напряжение на токоприемнике электроподвижного состава

$$U_p = U_{ш} - \Delta U_{тс} + \Delta U_{пк}, \quad (\text{A.75})$$

где

$$\Delta U_{\text{пк}} = X_c \left(\frac{1350}{S_{\text{кз}}} + \frac{15,1u_{\text{кпт}}}{\sum_i S_{\text{птп}}^i N_{\text{птп}}^i} + 1,1z_{\text{оп}} \right) \frac{Q_{\text{кв}}}{36}, \quad (\text{A.76})$$

$X_c = 1$ при одностороннем питании и $X_c = 1 - \frac{l_{\text{пс}}}{l_3}$ – при двустороннем питании;

$Q_{\text{кв}}$ – установленная мощность устройства компенсации, квар.

А.9 Определение наибольшего тока нагрузки фидера $I_{\text{ф}f}^{\text{нб}}$

Двухпутные участки:

при $j_f > t_{\text{xf}}$

$$I_{\text{ф}f}^{\text{нб}} = I_{\text{п}}; \quad (\text{A.77})$$

при $0,5t_{\text{xf}} < j_f \leq t_{\text{xf}}$

$$I_{\text{ф}f}^{\text{нб}} = I_{\text{п}} + I_0 \left(1 - \frac{j_f}{t_{\text{xf}}} \right); \quad (\text{A.78})$$

при $j_f \leq 0,5t_{\text{xf}}$

$$I_{\text{ф}f}^{\text{нб}} = I_{\text{п}} + I_{\text{ф}f} \left(\frac{t_{\text{xf}}}{j_f} - 1 \right); \quad (\text{A.79})$$

Однопутные участки:

при одном перегоне в зоне –

$$I_{\text{ф}f}^{\text{нб}} = I_{\text{п}}; \quad (\text{A.80})$$

при двух и более перегонах в зоне –

$$I_{\text{ф}f}^{\text{нб}} = I_{\text{п}} + I_{\text{ф}f} \left(\frac{t_{\text{xf}}^{\text{пр}} + t_{\text{xf}}^{\text{об}}}{T_{\text{п}f}} - 1 \right), \quad (\text{A.81})$$

где t_{xf} – время хода по пути межподстанционной зоны, питаемому фидером f , поезда наибольшей установленной массы, мин;

$t_{\text{xf}}^{\text{пр}}, t_{\text{xf}}^{\text{об}}$ – то же для однопутного участка в прямом и обратном направлениях, мин;

$j_f (T_{\text{п}f})$ – наибольший для рассматриваемого режима межпоездной интервал (период графика), определенный по всем показателям нагрузочной способности системы тягового электроснабжения, мин;

$I_{\text{п}}$ – пусковой ток поезда: наибольшей установленной массы – для I, III и IV режимов; соединенного – для II режима (определяется по данным приложения А.10);

I_0 – средний ток поезда: наибольшей установленной массы – для I и IV режимов; соединенного – для II режима; средневзвешенного – для III режима, А [определяется по формулам (А.13) и (А.14)];

$I_{фj}$ – ток, приходящийся на фидер f от поезда, А: наибольшей установленной массы – для I и IV режимов [определяется по формулам (А.15) – (А.26)]; соединенного – для II режима [определяется по формулам (А.15) – (А.26)]; средневзвешенного – для III режима [определяется по формулам (А.27), (А.28)].

А.10 Пусковые токи электроподвижного состава

Т а б л и ц а А.4

Серии локомотива	I_n , А	$I_n^{ор}$, А
ВЛ8	2350	2320 (II-ОП1), 1950 (II-ПП)
ВЛ10	2900	2780 (II-ОП3), 2760 (II-ОП2) 2480 (II-ОП1), 2300 (II-ПП)
ВЛ15	4600	4310 (II-ОП3)
ВЛ80 ^к	446	426 (33-ОП2), 408 (33-ОП1), 360 (33-НП)
ВЛ80 ^с , ВЛ80 ^т	460	440 (33-ОП2), 424 (33-ОП1), 370 (33-НП)
ВЛ80 ^р	465	447 (4-я зона ОП2), 420 (4-я зона ОП1) 375 (4-я зона НП)
ВЛ85	604	-
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 На участках, где действуют ограничения на применение высших позиции контроллера и ступеней ослабления поля, можно принимать значения $I_n^{ор}$, сообщив об этом в расчетной записке.</p> <p>2 При применении кратной тяги табличное значение I_n следует умножить на число единиц электроподвижного состава.</p>		

А.11 К проверке элементов обратной тяговой сети

А.11.1 Коэффициент приведения тока в рельсах $K_{пр}$

Для системы постоянного тока $K_{пр} = 1$; для обеих систем переменного тока при $0 \leq l_{эс} \leq 0,15l_3$ и при $0,85l_3 \leq l_{эс} \leq l_3$ $K_{пр} = 1$; $0,15l_3 \leq l_{эс} \leq 0,85l_3$ $K_{пр} = 1$; определяется из графика на рисунке А.2, б, где l_3 – длина межподстанционной зоны, $l_{эс}$ – расстояние от рассматриваемого элемента обратной тяговой сети до точки подключения отсасывающего фидера.

Коэффициенты среднего ($K_{ср}$) и эффективного ($K_{эф}$) тока в рельсах определяются по графикам на рисунках А.2, а и А.2, в в зависимости от l_3 (в системе 2×25 – от расстояния между автотрансформаторами l , на котором находится рассматриваемый элемент обратной тяговой сети), и j_j – межпоездного интервала, наибольшего из определенных по мощности тяговых подстанций, нагреву контактной подвески и напряжению на токоприемнике при пропуске поездов наибольшей установленной массы.

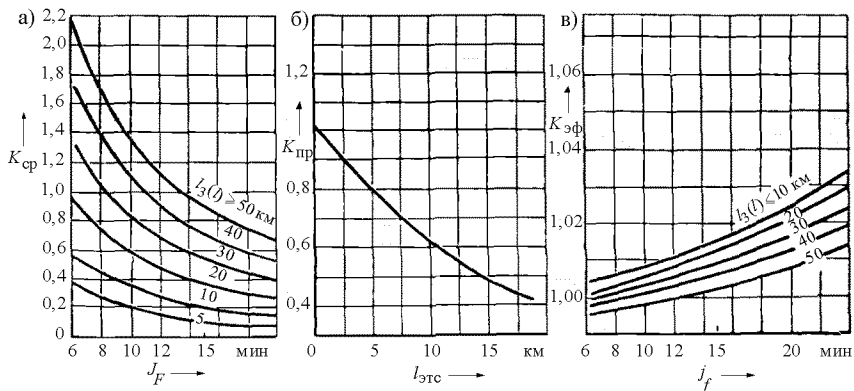


Рисунок А.2

А.11.2 Допустимый эффективный ток $I_{эф}^{доп}$

Таблица А.5

Элементы обратной тяговой сети	Допустимый эффективный ток $I_{эф}^{доп}$, А
<i>Система постоянного тока</i>	
Дроссель-трансформаторы:	
ДТ-0,2-500	1800
ДТ-0,6-500	1500
ДТ-0,2-1000	2400
ДТ-0,6-1000	2200
Дроссельные перемычки, мм ² :	
2×50	470
2×70	680
Междроссельные перемычки, мм ² :	
4×50	940
4×70	1360
4×95	1830
4×120	2340
Сборный рельсовый стык с медным приварным соединителем сечением 70 мм ² :	
стыковые болты затянуты (4000 кгс на болт)	5000
стыковые болты ослаблены	800–1000
Отсасывающие фидеры:	
$n \times A150$	$500 \times n$
$n \times A185$	$590 \times n$

Окончание таблицы А.5

Элементы обратной тяговой сети	Допустимый эффективный ток $I_{эф}^{доп}$, А
<i>Система переменного тока 25 кВ и 2×25 кВ</i>	
Дроссель-трансформаторы:	
ДТ-1-150	480
ДТ-1-250	900
ДТ-1,5-150	420
ДТ-0,6-500 с	1500
Дроссельные перемычки, мм ² :	
2×35	390
2×50	530
2×70	780
Междроссельные перемычки, мм ² :	
3×35	580
4×50	1000
4×70	1500
<i>Примечания</i>	
<p>1) Значения $I_{эф}^{доп}$ приведены для температуры окружающей среды ≤ 25 °С. В интервале температур от 25 до 40 °С значение $I_{эф}^{доп}$ должно быть снижено на 5 %, при температурах >40 °С – на 10 %.</p> <p>2) n – число проводов отсасывающего фидера.</p>	

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1 Общие положения	4
2 Пропускная способность участков	7
2.1 Основные понятия и определения	7
2.2 Пропускная способность однопутных перегонов при параллельном графике движения поездов	10
2.3 Пропускная способность двухпутных перегонов при параллельном графике движения поездов	22
2.4 Пропускная способность многопутных участков (перегонов)	23
2.5 Пропускная способность участков (перегонов) при наличии разветвления линий, сплетения путей или однопутного мостового перехода на двухпутном перегоне	27
2.6 Определение числа грузовых поездов при непараллельном графике движения поездов	35
2.7 Определение коэффициентов съема при непараллельном графике движения поездов	36
2.7.1 Однопутный участок	36
2.7.2 Двухпутный участок	38
2.8 Пропускная способность перегонов при применении подталкивания, двойной тяги, наличии примыкания подъездных путей и обращении соединенных поездов	42
2.9 Пропускная способность участка при совмещенной колее	49
3 Пропускная способность станционных устройств	51
3.1 Пропускная способность стрелочных горловин	51
3.2 Расчет пропускной способности станционных путей	77
3.3 Пропускная способность пассажирских устройств	83
4 Перерабатывающая способность станционных устройств	90
4.1 Перерабатывающая способность сортировочных горок	90
4.2 Перерабатывающая способность вытяжных путей	99
4.3 Перерабатывающая способность грузовых фронтов	101
5 Пропускная способность устройств локомотивного хозяйства	107
5.1 Общие положения	107
5.2 Пропускная способность позиций экипировки, ТО-2, ТО-3 и Тр-1	110
5.3 Пропускная способность устройств топливоснабжения	120
5.4 Пропускная способность устройств пескоснабжения	124
5.5 Пропускная способность ходовых деповских путей	127
6 Наличная пропускная способность системы тягового электроснабжения	129
6.1 Общие положения	129
6.2 Расчет межпоездных интервалов, допустимых по мощности тяговых подстанций	130
6.2.1 Допустимый межпоездной интервал (периода графика) при пропуске средневзвешенных поездов	130
6.2.2 Допустимый межпоездной интервал (период графика движения) при пропуске поездов установленной массы	132

6.3	Расчет межпоездных интервалов (периода графика), допустимых по нагреву проводов контактной подвески	132
6.3.1	Двухпутные участки	132
6.3.2	Однопутные участки	133
6.4	Расчет межпоездных интервалов, допустимых по напряжению на токоприемнике электроподвижного состава	134
6.5	Расчет суточной наличной пропускной способности участка	135
6.5.1	Параллельный график движения поездов	135
6.6	Определение элементов тягового электроснабжения, лимитирующих заданные размеры движения	136
6.6.1	Тяговые подстанции	136
6.6.2	Контактная сеть	137
6.7	Проверочные расчеты	137
6.7.1	Проверка уставок защиты фидеров тяговых подстанций и постов секционирования	137
6.7.2	Проверка элементов обратной тяговой сети	138
7	Оценка результативной пропускной способности элементов железнодорожного транспорта	151
8	Расчет потребных ресурсов устройств вагонного хозяйства	154
9	Оценка уровня использования наличной пропускной (перерабатывающей) способности основных железнодорожных сооружений и устройств	159
	Список литературы	162
	Приложение А Порядок определения основных параметров систем тягового электроснабжения	164

Учебное издание

НЕГРЕЙ Виктор Яковлевич
ПОДКОПАЕВ Виталий Алексеевич
ФИЛАТОВ Евгений Анатольевич и др.

ПРОПУСКНАЯ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ
СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Учебно-методическое пособие

Редактор И. И. Э в е н т о в
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а
Корректор Т. А. П у г а ч
Компьютерный набор и верстка – О. В. В е р б и л о

Подписано в печать 14.06.2013 г. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 10,69. Уч.-изд. л. 10,96. Тираж 350 экз.
Зак. № Изд. № 10.

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ № 02330/0552508 от 09.07.2009 г.
ЛП № 02330/0494150 от 30.04.2009 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.