Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный государственный
университет путей сообщения»

Кафедра «Организация перевозок
и безопасность на транспорте»

А.П. Широков, А.Г. Какунина, Ю.Ю. Агапова

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Рекомендовано
методическим советом по качеству
образовательной деятельности ДВГУПС
в качестве учебного пособия

2-е издание, исправленное и дополненное

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2018

УДК 656.222 (075.08)
ББК О 280.3я73
Ш 64

Рецензенты:

Кафедра «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО РГУПС
(заведующий кафедрой доктор технических наук, профессор *В.Н. Зубков*,
кандидат технических наук, доцент *И.Н. Тимошек*)

Начальник Дальневосточной Дирекции управления движением
структурного подразделения Центральной дирекции
управления движением – филиала ОАО «РЖД»
В.А. Матющенко

Первое издание: А.П. Широков, В.В, Широкова. Технология эксплуатационной работы на участках железных дорог. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2011. – 114 с.

Широков, А.П.
Ш 64 Организация работы участков железных дорог : учеб. пособие / А.П. Широков, А.Г. Какунина, Ю.Ю. Агапова – 2-е изд., испр. и доп. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2018. – 140 с.

Учебное пособие соответствует учебной программе дисциплины «Управление эксплуатационной работой».

Изложены основные принципы организации вагонопотоков; методика определения пропускной способности участков железной дороги, разработки графика движения поездов и расчета показателей работы полигона.

Приведено множество типовых примеров по расчету груженых и порожних вагонопотоков, определению числа грузовых поездов в зависимости от категории.

Внимание акцентируется на расчетах числа сборных поездов, времени их работы на промежуточных станциях, выборе вариантов организации местной работы.

Учебное пособие предназначено для студентов 4–5–6-го курсов всех форм обучения. Может быть использовано студентами при разработке дипломного проекта по специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог» и подготовке выпускных квалификационных работ по направлению 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

УДК 656.222 (075.08)
ББК О 280.3я73

© ДВГУПС, 2011, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожный транспорт является одной из наиболее важных инфраструктур, эффективное функционирование которой является залогом успешной работы большинства отраслей экономики Российской Федерации, её конкурентоспособности в мировой экономике, сохранения обороноспособности и целостности государства. Постоянно растущие объемы перевозок на железнодорожном транспорте ставят перед железнодорожниками задачу удовлетворения потребностей общества в перевозках пассажиров и грузов при обеспечении безопасности движения и эффективного использования имеющихся технических средств. В современных условиях первоочередной задачей является рациональное использование инфраструктуры, увеличение темпов её обновления и развития.

Работа с полностью приватным парком грузовых вагонов определяет новые подходы к развитию и размещению сортировочных станций. Это обусловлено дополнительной потребностью в формировании технических маршрутов и выделенных направлений из порожних вагонов разных собственников. **Для организации эффективной эксплуатационной работы железных дорог в условиях полностью приватного вагонного парка необходимо:**

– динамично повышать уровень технической и отправительской маршрутизации;

– снижать количество переработок вагона на станциях за его полный оборот в целях рационального использования сортировочных мощностей сети и сокращения сроков доставки;

– строго соблюдать принципы планирования погрузки за 10 суток во внутреннем сообщении и за 15 суток – в экспортном.

Всё это позволит повысить качество использования подвижного состава, пропускных способностей и усилить технологическую дисциплину.

В условиях реструктуризации системы управления ОАО «РЖД» и создания Дирекции управления движением особое внимание уделяется вопросам технологии. Так, разработан Единый сетевой технологический процесс железнодорожных перевозок, который объединяет системы планирования, нормирования и управления эксплуатационной работой железных дорог в условиях полностью приватного парка грузовых вагонов. В новых условиях наиболее серьёзные изменения происходят в технологии работы с порожними вагонами в целях минимизации их порожнего пробега, что особенно важно на участках с недостаточной пропускной способностью.

Целью настоящего учебного пособия является – оказать помощь студентам в приобретении приемов и навыков разработки и обоснования технологии эксплуатационной работы на участках полигонов железных дорог.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ВАГОНОПОТОКОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПОЛИГОНЕ

Вагонопотоком называется число вагонов, следующих по линии в каком-либо направлении за определенный промежуток времени, обычно за сутки. Среднесуточное число вагонов, скапливающихся на одной определенной станции или одном участке назначением на другую определенную станцию или участок, принято называть **струей вагонопотока**.

В эксплуатационных расчетах вагонопотоки определяют среднесуточным числом вагонов со всеми родами грузов. Однако для решения частных задач может потребоваться определение вагонопотоков отдельных родов груза.

Организация вагонопотоков необходима: для правильного распределения груженых и порожних вагонопотоков по направлениям сети дороги, сортировочной работы между станциями; обеспечения ускорения доставки грузов; сокращения простоя вагонов под накоплением и переработкой. Оптимальная организация вагонопотоков позволяет ускорить оборот вагонов и увеличить погрузочные ресурсы дорог.

Вагонопотоки, проходящие через технические станции, классифицируются на транзитные без переработки, транзитные с переработкой и местные.

Транзитные без переработки – это вагоны, проходящие станцию в организованных поездах, имеющие стоянки для смены локомотива или локомотивных бригад, технического обслуживания и коммерческого осмотра вагонов.

Транзитные с переработкой – это вагоны, прибывшие в поездах, поступающие в расформирование, а также вагоны, отцепляемые от поездов по различным причинам.

К **местным** относятся вагоны, с которыми на данной станции производятся грузовые операции (погрузка, выгрузка, перегрузка, сортировка).

Организация вагонопотоков в поезда, согласно «Инструктивным указаниям по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД», должна обеспечивать [2]:

– стабильное положение ОАО «РЖД» на рынке транспортных услуг;
– минимальные расходы на транспортировку грузов и вагонов;
– соблюдение нормативных сроков доставки грузов;
– выполнение заявок грузоотправителей и грузополучателей.

Последовательность выполнения расчетов по организации вагонопотоков в поезда рекомендуется выполнять по схеме (рис. 1.1).

Рис. 1.1. Последовательность выполнения расчетов
по организации вагонопотоков в поезда

1.1. Разработка таблиц груженых вагонопотоков

Основой для разработки таблиц груженых вагонопотоков служат:

1) информация о фактически выполненных вагонопотоках;

2) информация о плановых вагонопотоках, которые формируются маркетинговыми подразделениями системы фирменного транспортного обслуживания (СФТО).

Разработка расчетных груженых вагонопотоков включает [2, 11, 14]:

1) анализ выполненных вагонопотоков;

2) расчет межстанционных корреспонденций груженых вагонов по видам отправок, родам грузов и типу подвижного состава;

3) разработку расчетных груженых вагонопотоков.

Вагонопотоки на расчетный период представляют в виде специальных таблиц-«шахматок» корреспонденций груженых вагонопотоков (табл. 1.1). Рассмотрим это на типовых примерах.

Пример 1.1. Для железнодорожного полигона требуется: составить таблицу общих груженых вагонопотоков; построить диаграмму груженых и порожних вагонопотоков.

Объемы приема, сдачи груженых вагонов, а также погрузки и выгрузки в среднем за сутки представлены в табл. 1.1.

В расчетный полигон (дорога 2) входят станции А, Б, В, Г, Д. Станции З, Е относятся к железным дорогам 1 и 3 (рис. 1.2).

Таблица 1.1

Таблица груженых вагонопотоков по роду подвижного состава, ваг.

Из \ На		Дорога 1	А	Б	Б–В	В	Д	Е	Г	Дорога 3	Итого по роду вагонов	Всего
Дорога 1	крытые		5	4	12	8	10	100	7	1200	1346	***1679***
	прочие		7	2	9	4	6	100	5	200	333	
А	крытые	10		4	5	8	1	10	1	20	59	***92***
	полувагоны	3		1	2	5	6	2	4	10	33	
Б	крытые	20	–		–	6	10	–	6	15	57	83
	полувагоны	10	–		–	–	–	–	–	16	26	
Б–В	крытые	15	5	–		–	–	20	–	–	40	95
	полувагоны	25	–	–		–	–	15	–	15	55	
В	крытые	20	2	2	–		4	–	7	10	45	120
	платформы	60	–	–	–		2	10	3	–	75	
Д	полувагоны	5	2	8	14	–		10	–	3	42	***42***
	платформы	–	–	–	–	–		–	–	–	0	
Е	платформы	10	5	–	-	15	10		–	–	40	***370***
	прочие	200	10	–	10	5	5		–	100	330	
Г	крытые	–	–	–	–	–	–	–		–	0	***62***
	прочие	25	–	2	4	–	–	15		16	62	
Дорога 3	крытые	200	–	–	5	–	10	100	–		315	***1275***
	платформы	800	5	–	5	–	–	150	–		960	
Итого	крытые	265	12	10	22	22	35	230	21	1245	1862	***3818***
	полувагоны	43	2	9	16	5	6	27	4	44	156	
	платформы	870	10	0	5	15	12	160	3	0	1075	
	прочие	225	17	4	23	9	11	115	5	316	725	
Всего		***1403***	***41***	23	66	51	***64***	***532***	***33***	***1605***	***3818***	

Схема расчетного железнодорожного полигона представлена на рис. 1.2.

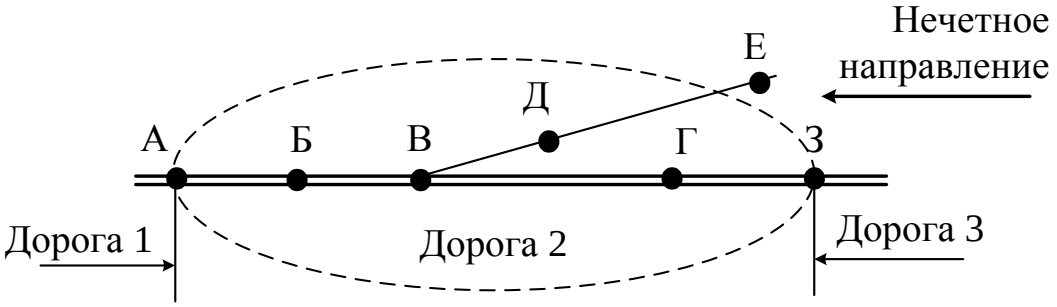


Рис. 1.2. Схема расчетного ж.-д. полигона:
А–З – двухпутный полигон; В–Е – однопутный полигон

Решение

Для составления таблицы груженых вагонопотоков между техническими станциями используются исходные данные табл. 1.1.

Вагоны назначением на промежуточные станции участка Б–В с четной стороны следуют до станции Б, а с нечетной стороны – до станции В.

Составление таблицы можно выполнить в два этапа:

этап 1-й – составляем таблицу груженых вагонопотоков без учета рода подвижного состава (табл. 1.2);

этап 2-й – составляем таблицу с передачей вагонов, следующих на промежуточные станции участка Б–В, на технические станции Б и В (табл. 1.3).

Так, например, с дороги 1 (см. табл. 1.1) на станцию Б следует 6 вагонов, на участок Б–В – 21 вагон.

Вывод. Всего на станцию Б поступает с дороги 1 – 6+21 = 27 вагонов (рис. 1.3).

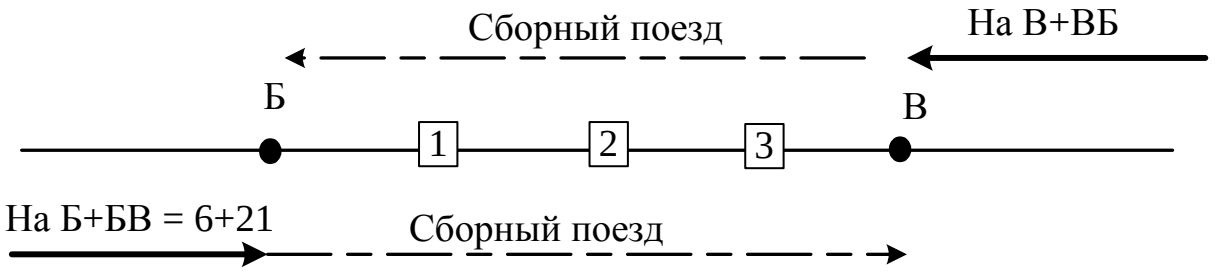


Рис. 1.3. Схема движения вагонов: 1, 2, 3 –
промежуточные станции на участке Б–В

Таблица 1.2

Корреспонденция общих груженых вагонопотоков

На / Из	Дорога 1	А	Б	Б–В	В	Д	Е	Г	Дорога 3	Всего
Дорога 1		12	6	21	12	16	200	12	1400	***1679***
А	13		5	7	13	7	12	5	30	***92***
Б	30	–		–	6	10	–	6	31	83
Б–В	40	5	–		–	–	35	–	15	95
В	80	2	2	–		6	10	10	10	120
Д	5	2	8	14	–		10	–	3	***42***
Е	210	15	–	10	20	15		–	100	***370***
Г	25	–	2	4	–	–	15		16	***62***
Дорога 3	1000	5	–	10	–	10	250	–		***1275***
Всего	***1403***	***41***	23	66	51	***64***	***532***	***33***	***1605***	***3818***

Таблица 1.3

Корреспонденция груженых вагонопотоков между выделенными техническими станциями

На / Из	Дорога 1	А	Б	В	Д	Е	Г	Дорога 3	Всего
Дорога 1		12	6+21	12	16	200	12	1400	***1679***
А	13		5+7	13	7	12	5	30	***92***
Б	30+40	0+5		6	10	–	6	31	128
В	80	2	2		6	10+35	10	10+15	170
Д	5	2	8	0+14		10	–	3	***42***
Е	210	15	–	20+10	15		–	100	***370***
Г	25	–	2	0+4	–	15		16	***62***
Дорога 3	1000	5	–	0+10	10	250	–		***1275***
Всего	***1403***	***41***	23+28 = = 51	51+38 = = 89	***64***	***532***	***33***	***1605***	***3818***

1.2. Построение диаграммы груженых вагонопотоков

Диаграмма движения груженых вагонов строится с целью определения густоты вагонопотоков на железнодорожных участках. Для определения величины вагонопотока по структурным группам, а также размеров движения поездов и пробегов вагонов по участкам в четном и нечетном направлениях на основании таблицы корреспонденции груженых вагонопотоков между выделенными техническими станциями (см. табл. 1.3) сос-

тавляется диаграмма груженых вагонопотоков для участков полигона. На диаграмме для каждого участка в четном и нечетном направлениях указывается общая величина вагонопотока, следующего по данному участку, а также проставляется общее число вагонов, следующих по данному участку в соответствующем направлении движения.

Рассмотрим это на примерах.

Пример 1.2. Требуется построить диаграмму движения груженых вагонов на железнодорожном полигоне, схема которого представлена на рис. 1.2, а вагонопотоки – в табл. 1.3.

Решение

Диаграмму движения вагонопотоков разрабатываем по принципу правостороннего движения (рис. 1.4).

1.3. Расчет баланса порожних вагонов

При известных величинах приема и сдачи на соседние подразделения железных дорог, а также погрузки и выгрузки по станциям рассматриваемого полигона определяется избыток и недостаток порожних вагонов по роду подвижного состава. Если выгрузка (сдача) больше погрузки, то на станциях (соседних подразделениях) создается избыток порожних вагонов, в противном случае – недостаток.

Пример 1.3. По исходным данным примера 1.1 требуется рассчитать избыток и недостаток порожних вагонов.

Решение

Для расчета баланса порожних вагонов составляем табл. 1.4.

Дорога 1 грузит 1346 крытых вагонов. Выгрузка составляет – 265 вагонов. Следовательно, на дороге 1 имеется недостаток порожних крытых вагонов в количестве 1346–265 = 1081. Аналогично выполняем расчет по остальным станциям и участку Б–В.

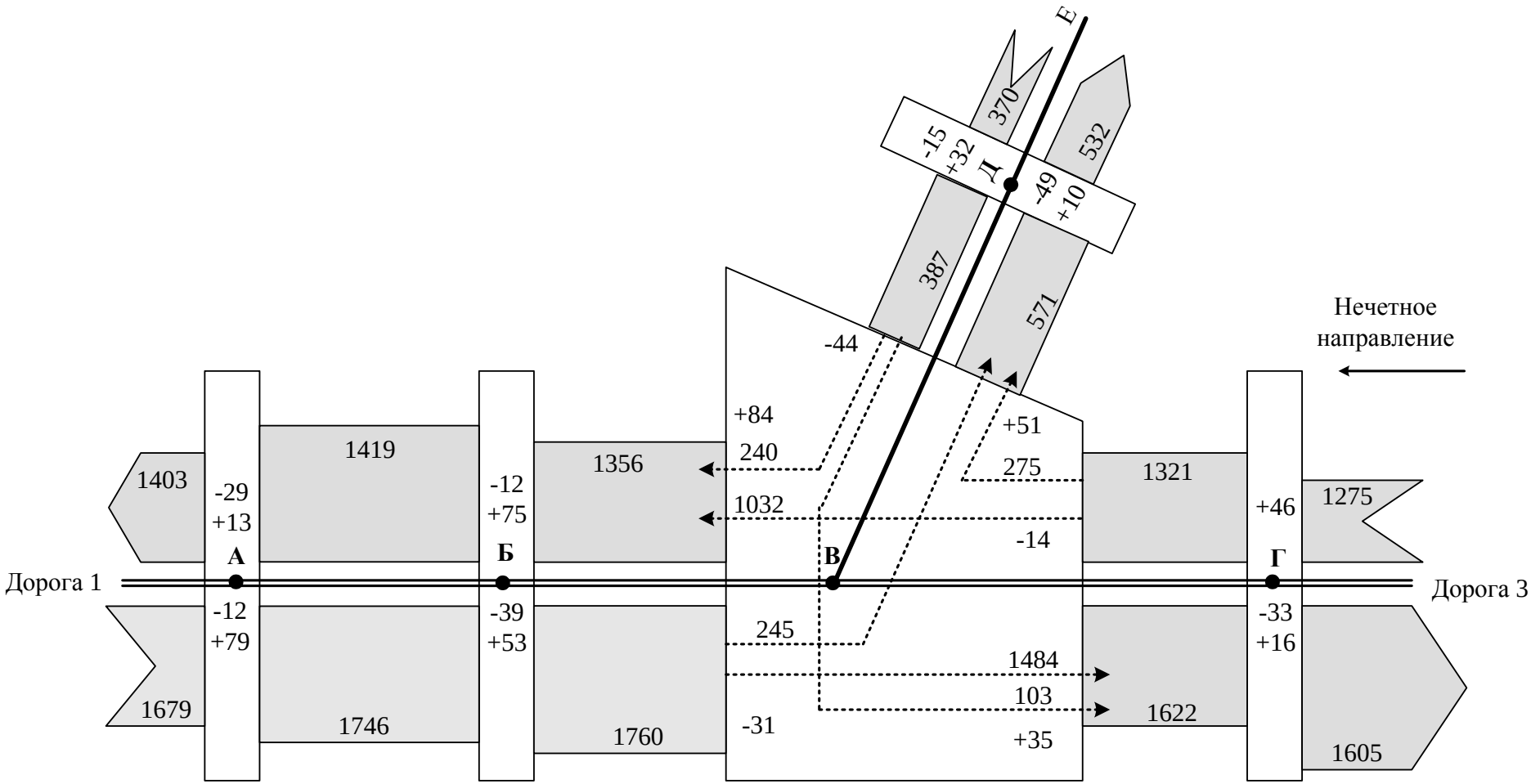


Рис. 1.4. Диаграмма груженых вагонопотоков на расчетном полигоне: А, Б, В, Г, Д – станции полигона

Таблица 1.4

Расчет баланса порожних вагонов

Станция	Погрузка (прием)					Выгрузка (сдача)					Избыток					Недостаток				
	крытые	полувагоны	платформы	прочие	Итого	крытые	полувагоны	платформы	прочие	Итого	крытые	полувагоны	платформы	прочие	Итого	крытые	полувагоны	платформы	прочие	Итого
Дорога 1	1346	–	–	333	***1679***	265	43	870	225	***1403***	–	43	870	–	***913***	1081	–	–	108	***1189***
А	59	33	–	–	***92***	12	2	10	17	***41***	–	–	10	17	***27***	47	31	–	–	***78***
Б	57	26	–	–	***83***	10	9	–	4	***23***	–	–	–	4	***4***	47	17	–	–	***64***
Б–В	40	55	–	–	***95***	22	16	5	23	***66***	–	–	5	23	***28***	18	39	–	–	***57***
В	45	–	75	–	***120***	22	5	15	9	***51***	–	5	–	9	***14***	23	–	60	–	***83***
Д	–	42	–	–	***42***	35	6	12	11	***64***	35	–	12	11	***58***	–	36	–	–	***36***
Е	–	–	40	330	***370***	230	27	160	115	***532***	230	27	120	–	***377***	–	–	–	215	***215***
Г	–	–	–	62	***62***	21	4	3	5	***33***	21	4	3	–	***28***	–	–	–	57	***57***
Дорога 3	315	–	960	–	***1275***	1245	44	–	316	***1605***	930	44	–	316	***1290***	–	–	960	–	***960***
Итого	***1862***	***156***	***1075***	***725***	***3818***	***1862***	***156***	***1075***	***725***	***3818***	***1216***	***123***	***1020***	***380***	***2739***	***1216***	***123***	***1020***	***380***	***2739***

1.4. Построение схем движения порожних вагонов

Схемы движения порожних вагонов разрабатываются с целью определения их направления (по роду подвижного состава). Они строятся на основании балансовой таблицы избытка и недостатка порожних вагонов.

На основании данных табл. 1.4 составляем схему порожних вагонов по каждому роду подвижного состава.

При разработке схемы не допускается встречное движение по участкам вагонов одного рода. Если потребность станции в каком-либо роде подвижного состава не обеспечивается с одного направления следования порожних вагонов, то поступление недостающих вагонов необходимо предусмотреть со встречного направления.

На схеме для каждого участка проставляем общее число порожних вагонов, следующих по нему в соответствующем направлении движения.

Пример 1.4. Требуется по полученным результатам примера 1.3 установить направление следования порожних вагонов и построить схему их движения.

Решение

Порожние вагоны следуют со станций (дорог, подразделений), где создается их избыток, а на станции (дороги, подразделения), где их недостаток.

Схему движения порожних вагонов строим по роду подвижного состава. На схеме против каждой станции (дороги, подразделения) указываем избыток со знаком (+) или недостаток со знаком (–) данного типа вагонов (рис. 1.5).

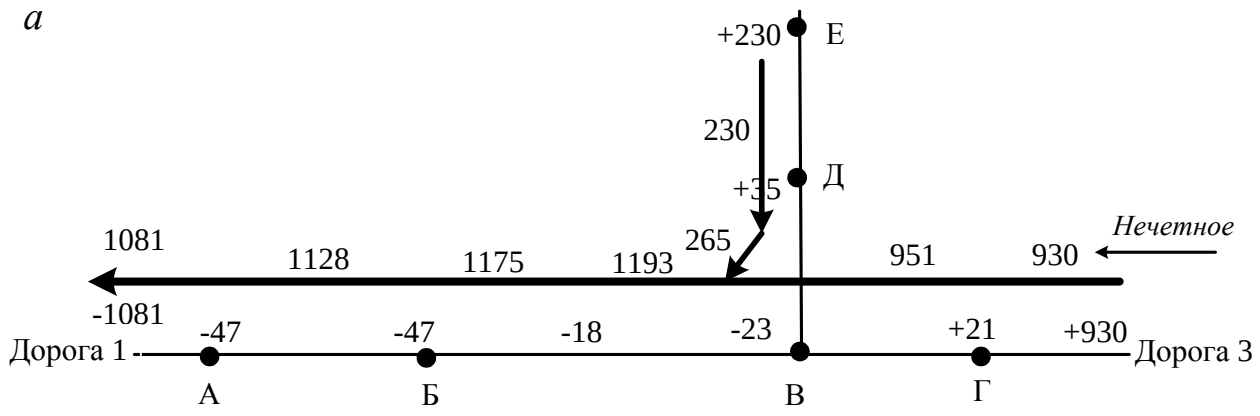


Рис. 1.5. Схемы движения порожних вагонов: ⟶ – направление продвижения порожнего вагонопотока; *а* – крытые; *б* – платформы; *в* – полувагоны; *г* – прочие (начало)

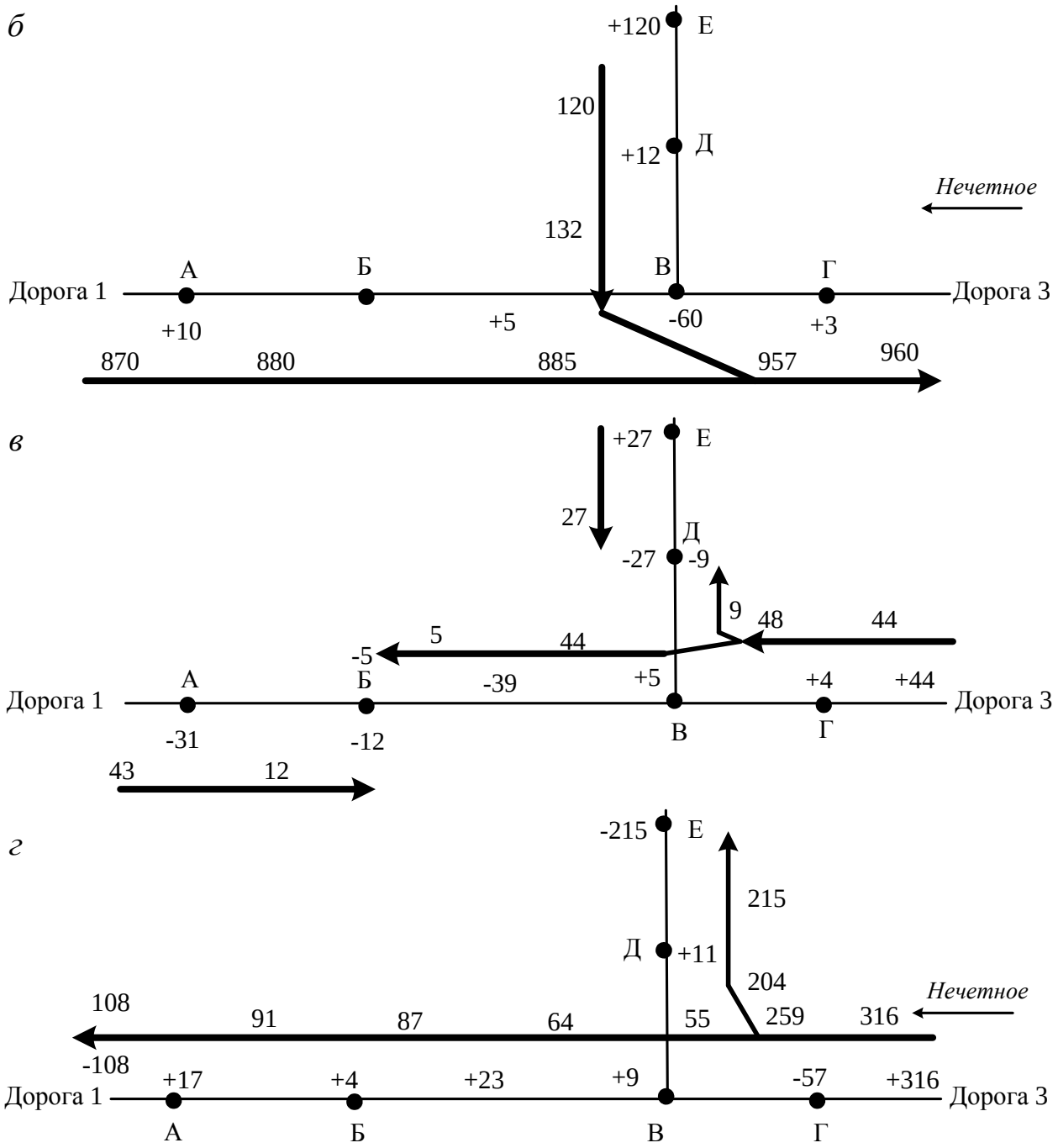


Рис. 1.5. Схемы движения порожних вагонов: ⟶ – направление продвижения порожнего вагонопотока; *а* – крытые; *б* – платформы; *в* – полувагоны; *г* – прочие (окончание)

1.5. Расчет массы и длины состава грузовых поездов

Расчет массы грузовых поездов производим по двум параметрам: по типу и серии локомотива и по длине станционных путей [13].

В зависимости от типа и серии локомотива масса состава поезда в тоннах определяется по формуле

$$Q_c = \frac{F_{кр} - P_л(\omega'_o + i_p)}{(\omega''_o + i_p)}, \qquad (1.1)$$

где $F_{кр}$ – касательная расчетная сила тяги локомотива, кг·с; $P_л$ – вес локомотива, т; i_p – руководящий уклон на рассматриваемом полигоне (участке, дороге, направлении); ω'_o – основное удельное сопротивление движению локомотива, кг·с/т; ω''_o – основное удельное сопротивление движению вагонов, кг·с/т.

Основные технические характеристики локомотивов, используемых в грузовом движении и маневровой работе, приведены в прил. 1 настоящего пособия.

Основное удельное сопротивление движению локомотива, кг·с/т, определяется по формуле

$$\omega'_o = 1,9 + 0,01V_p + 0,0003V_p^2, \qquad (1.2)$$

где V_p – расчетно-минимальная скорость локомотива, км/ч.

Основное удельное сопротивление движению вагонов, кг·с/т, определяется по формуле

$$\omega''_o = 0,7 + \frac{(3 + 0,1V_p + 0,0025V_p^2)}{q_o}, \qquad (1.3)$$

где q_o – нагрузка на ось вагона, т/ось, определяемая по формуле

$$q_o = \frac{q_{бр}}{K_o^{ср}}, \qquad (1.4)$$

где $q_{бр}$ – средний вес брутто вагона, т/ваг., определяемый по формуле

$$q_{бр} = q_m + P_{ст}, \qquad (1.5)$$

где q_m – средний вес тары вагона, т/ваг. (можно принять среднесетевое значение); $P_{ст}$ – средняя статическая нагрузка вагона, т/ваг (можно принять среднесетевое значение); $K_o^{ср}$ – средневзвешенное количество осей вагона, осей/ваг.

Средневзвешенное количество осей вагона, ось/ваг, зависит от структуры вагонного парка на рассматриваемом полигоне (участке, дороге, направлении, сети) и определяется по формуле

$$K_o^{cp} = \sum \frac{u_i}{u} K_i, \qquad (1.6)$$

где u_i – количество вагонов с различным числом осей в структуре вагонного парка; u – общее количество вагонов; K_i – число осей у соответствующей структурной группы вагонов (4, 6, 8 осей).

Следует заметить, что при наличии в структуре вагонного парка только четырехосных, шестиосных или только восьмиосных вагонов расчет K_o^{cp} не производится.

В зависимости от длины станционных путей масса состава поезда, т, определяется по формуле

$$Q_c = P_{пог}\,(l_{пол} - k_{лок}\, l_{лок} - 10), \qquad (1.7)$$

где $P_{пог}$ – средняя погонная нагрузка вагонов на путь, т/пог. м; $l_{пол}$ – полезная длина станционных путей, м; $k_{лок}$ – количество локомотивов, ведущих поезд; $l_{лок}$ – длина локомотива, м; 10 – расстояние на неточность установки поезда в пределах полезной длины пути, м.

Средняя погонная нагрузка вагонов на путь, т/пог. м, может быть определена по отчетным данным или рассчитана по формуле

$$P_{пог} = \frac{q_{бр}}{l_{ваг}}, \qquad (1.8)$$

где $l_{ваг}$ – средняя длина вагона, м.

За расчетную массу грузового поезда $Q_{бр}$ принимается наименьшее из рассчитанных по формулам (1.1) и (1.7) значение массы состава поезда. Полученная расчетная масса поезда округляется в меньшую сторону до значения кратного 50.

Число вагонов в составе груженого поезда определяется по формуле

$$m_c^{гр} = \frac{Q_{бр}}{q_{бр}}, \qquad (1.9)$$

где $Q_{бр}$ – установленная по формулам (1.1) и (1.7) расчетная масса поезда, т.

Число вагонов в составе порожнего поезда определяется по длине станционных путей по формуле

$$m_c^{пор} = \frac{l_{пол} - k_{лок}\, l_{лок} - 10}{l_{ваг}}. \qquad (1.10)$$

Пример 1.5. Требуется определить расчетную массу и число вагонов в составе груженого и порожнего поездов, если тяговое обслуживание производится тепловозами серии 2ТЭ10М на участке с руководящим уклоном i_p = = 10 ‰. Вождение поездов осуществляется одиночными локомотивами. По участку проследуют 4500 вагонов, из которых 500 вагонов – восьмиосные. Средняя длина вагона составляет 15 м, средний вес брутто вагона – 70 т. Полезная длина приемоотправочных путей на станциях участка составляет 1050 м.

Решение

Локомотив 2ТЭ10М имеет расчетно-минимальную скорость V_p = = 23,4 км/ч.

Основное удельное сопротивление движению локомотива, кг·с/т, составит:

$$\omega_o' = 1,9 + 0,01 \cdot 23,4 + 0,0003\left(23,4\right)^2 = 2,3.$$

Исходя из имеющейся структуры вагонопотока, средневзвешенное количество осей вагона, ось/ваг., составит:

$$K_o^{cp} = \frac{4500 - 500}{4500} 4 + \frac{500}{4500} 8 = 4,44.$$

Нагрузка на ось вагона, т/ось, составит:

$$q_o = \frac{70}{4,44} = 15,77.$$

Основное удельное сопротивление движению вагонов, кг·с/т, составит:

$$\omega_o'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 23,4 + 0,0025\left(23,4\right)^2}{15,77} = 1,13.$$

Масса поезда, т, в зависимости от серии локомотива составит:

$$Q_c = \frac{50600 - 258\,(2,3 + 10)}{(1,13 + 10)} = 4261.$$

Для расчета массы поезда по длине станционных путей необходимо вначале определить погонную нагрузку, т/пог. м:

$$P_{пог} = \frac{70}{15} = 4,67.$$

Тогда масса поезда по длине станционных путей, т, составит:

$$Q_c = 4,67\,(1050 - 1 \cdot 34 - 10) = 4698.$$

Следовательно, в качестве расчетной масса поезда составит $Q_{бр} = 4250$ т.

Далее определяем число вагонов в составе груженого поезда:

$$m_c^{гр} = \frac{4250}{70} = 60,71 \approx 60; \qquad m_c^{пор} = \frac{1050 - 1 \cdot 34 - 10}{15} = 67,07 \approx 67.$$

Ответ: $Q_{бр} = 4250$; $m_c^{гр} = 60$; $m_c^{пор} = 67$.

1.6. Расчет плана формирования грузовых поездов

1.6.1. Расчет плана организации отправительских и ступенчатых маршрутов

Последовательность расчета плана формирования грузовых поездов подробно описана в литературе [2, 13, 14, 16] (см. Библиографический список).

Маршрутизация перевозок – эффективный метод организации перевозочного процесса, благодаря этому обеспечивается ускорение оборота вагона, уменьшаются объемы переработки вагонов на технических станциях, сокращаются сроки доставки грузов.

Рост перевозок грузов маршрутами и связанное с этим повышение транзитности вагонопотоков способствует улучшению использования транспортных средств, провозных способностей линий и перерабатывающих способностей станций и узлов.

Эффективность маршрутизации в значительной степени зависит от технологии организации маршрутов. Подготовка маршрута представляет собой сложный комплексный процесс, который требует четкой продуманной системы организации работы, которая отражает порядок: обеспечение порожними вагонами; подготовка их под погрузку грузов и подачу; технологию погрузки и формирование маршрута; оформление документов и др.

Появление на рынке транспортных услуг компаний-операторов, владеющих собственным подвижным составом, усложняют проблему организации вагонопотоков. Это происходит, с одной стороны, из-за появления новых форм технологического и экономического взаимодействия, а с другой – в силу серьезного отставания нормативно-правовой базы. На современном этапе, в условиях отсутствия объединяющего начала при взаимодействии хозяйствующих субъектов, имеются существенные противоречия между железными дорогами, с одной стороны, и грузоотправителями и обслуживающих их операторов подвижного состава – с другой.

Так, формирование отправительских маршрутов происходит в основ-

ном на путях необщего пользования. Однако возникает необходимость формирования маршрутов и на станционных путях ОАО «РЖД» не только в силу недостаточной длины путей, принадлежащих грузоотправителям, но и из-за невозможности выставлять сформированный маршрут на станцию в полном составе в связи с использованием маломощных локомотивов. В таких случаях работа по формированию маршрутов осуществляется железной дорогой на договорных условиях.

В целом система организации маршрутных перевозок должна основываться на информации о потенциальных перевозках грузов, а планирование маршрутных поездов – на технико-экономическом расчете. В этом расчете необходимо предусматривать интересы всех участников перевозок с расчленением не только затрат и времени, но и выделением основных составляющих эффективности и для железных дорог, и грузовладельцев, и владельцев подвижного состава.

При оценке вариантов организации и продвижения грузовых корреспонденций (вагонопотоков) и их объединений должны учитываться следующие факторы:

1) принадлежность подвижного состава (вагонов и локомотивов – поездных и маневровых);
2) изменение направления следования маршрутов по сравнению с немаршрутным потоком, в том числе ускорение продвижения от станции погрузки до первой технической станции и от последней технической станции до станции выгрузки (пропуск маршрута без захода на сортировочные и участковые станции);
3) параллельные нормы массы и длины маршрутов;
4) возможность задания запрещенных и обязательных маршрутных назначений;
5) технические возможности станций по переработке вагонопотоков, следующих вне маршрута;
6) возможное изменение плана формирование грузовых поездов по первой технической станции (ослабление струй вагонопотоков на попутных станциях при выделении маршрутных назначений).

Неэффективные маршрутные назначения могут быть включены в план организации маршрутов в следующих случаях:

1) из-за ограничений по перерабатывающей способности технических станций и пунктов выгрузки;
2) из-за ограничений по пропускной способности подходов к техническим станциям и пунктам выгрузки;
3) в связи с перенасыщением полигонов вагонными парками;
4) в связи с особыми условиями эксплуатации и форс-мажорными ситуациями.

Исходными данными для составления плана маршрутизации с мест

погрузки служит следующее:

1. Расчетные вагонопотоки.
2. Характеристики погрузочных и выгрузочных станций, с указанием вместимости грузовых фронтов и средств механизации.
3. Технологические процессы работы станций погрузки и выгрузки, договоры на эксплуатацию подъездных путей, договоры на подачу и уборку вагонов, договорные и фактические сроки погрузки и выгрузки маршрутов и одиночных вагонов.
4. Данные о наличии путей для накопления и формирования маршрутов на ж.-д. путях необщего пользования и станциях примыкания.
5. Весовые нормы и расчетные составы маршрутов, которые установлены на расчетный период.
6. Перечень действующих пунктов распыления маршрутов и заадресовки вагонов (угольных, наливных).
7. Анализ выполнения маршрутной погрузки по станциям и дорогам отправления и назначения за прошедший период с предложениями по увеличению количества маршрутов и повышению их эффективности.

1.6.2. Эффективность организации отправительских маршрутов

Для включения в план маршрутизации отдельных струй вагонопотоков (до станции выгрузки, расформирования или распыления) требуется соблюдение следующих необходимых условий в соответствии с [9]:

- суммарный объём погрузки по всем грузам (с учётом календарных планов и согласованных коэффициентов сгущения) всех грузоотправителей, участвующих в организации маршрутов, должен быть не менее нормы длины состава маршрута $m_м$ за период планирования:

$$(\sum N_r \, k_{погр}^{сг}) / 30,4 \geq m_м, \qquad (1.11)$$

где N_r – объем погрузки груза за месяц, ваг.; $k_{погр}^{сг} = 1 + \dfrac{N_{jr}}{30,4\, m_{m(jr)}}$ – коэффициент сгущения погрузки; $m_м$ – количество вагонов в маршруте;

- суммарная выгрузочная способность за сутки у всех получателей по всем грузам данного маршрута должна быть не менее $m_м$.

Выгрузочная способность (допустимое сгущение) получателей для каждого вида грузов определяется по эксплуатационной производительности его выгрузочных средств и складской ёмкости (по наименьшей из этих величин), используемых для этих грузов.

Допустимое сгущение одновременного отправления груза r на станцию назначения j может быть определено по формуле

$$N_{гс(jr)} = \frac{N_{jr}}{30,4}\left(1 + \frac{N_{jr}}{30,4\, m_{м(jr)}}\right), \qquad (1.12)$$

где N_{jr} – количество вагонов с грузом r на станцию назначения j за месяц; $m_{м(jr)}$ – состав маршрута на станцию j, ваг.;

- между станцией погрузки маршрута и станцией его назначения должна быть хотя бы одна техническая станция, на которой по плану формирования предусматривается переработка вагонопотока данного назначения;
- в случае накопления маршрута на путях железнодорожной станции время накопления не должно превышать 48 часов.

Маршрут, сформированный или подлежащий расформированию на пути необщего пользования, должен проходить без переработки технической станцией, к которой он примыкает.

Оптимальный вариант плана маршрутизации определяется на основе максимизации целевой функции:

$$F = \sum(\Delta E_{мо(ij)} + \Delta E_{мп(ij)} + \Delta E_{след(ij)}) \to max, \qquad (1.13)$$

где F – сумма относительных сопоставляемых затрат для всех назначений варианта; $\Delta E_{мо(ij)}$ – снижение затрат на этапе маршрутообразования для назначения i, j; $\Delta E_{мп(ij)}$ – снижение затрат на этапе маршрутопогашения для назначения i, j; $\Delta E_{след(ij)}$ – снижение затрат на этапе продвижения груженых маршрутов назначения i, j.

Эффективность организации отправительских маршрутов может быть определена и по *достаточному условию*: дополнительные затраты на станциях погрузки и выгрузки не должны превышать экономии от проследования маршрутом попутных технических станций без переработки, т. е.

$$t_{пм} + t_{вм} \le \sum T_{эк}, \qquad (1.14)$$

где $t_{пм}$ – дополнительные затраты времени на погрузку маршрута, ч; $t_{вм}$ – дополнительные затраты времени на выгрузку маршрута, ч; $T_{эк}$ – приведенная экономия времени от проследования вагонов без переработки хотя бы одной технической станции.

Пример 1.6. Требуется рассчитать возможность выделения отправительских маршрутов на направлении. Исходные данные те же, что и в примере 1.1. Приведенная экономия времени от проследования вагонов

без переработки представлена в табл. 1.5; $t_{пм}$ = 6 ч, $t_{вм}$ = 3 ч. Состав маршрута $m_м$ = 60 ваг. При выполнении достаточного условия в план отправительской маршрутизации выделяется 50 % вагонопотока.

Таблица 1.5

Приведенная экономия времени от проследования вагонов без переработки через попутные технические станции $T_{эк}$, ч

Технические станции	А	Б	В	Г	Д
$T_{эк}$, ч	3,0	2,0	3,0	5,0	5,0

Решение

В расчете участвуют устойчивые вагонопотоки, величина которых больше величины состава маршрута: $N_{jr} \geq 2\, m_м$. Расчетные данные заносятся в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Расчет числа вагонов, отправляемых в отправительских маршрутах

Назначение вагонов	Мощность назначения, N_{jr}	Попутные технические станции	Суммарное время экономии $\Sigma T_{эк}$, ч	Затраты на маршрут $t_{пм} + t_{вм}$, ч	Выделено вагонов, $N_м$
Дорога 1–Д	200	А, Б, В	8,0	9,0	–
Дорога 1–Дорога 3	1400	А, Б, В, Г	13,0	9,0	600
Е–Дорога 1	210	Д, В, Б, А	13,0	9,0	120
Дорога 3–Е	250	Г, В, Д	13,0	9,0	120
Дорога 3–Дорога 1	1000	Г, В, Б, А	13,0	9,0	600

Эффективность маршрутизации может быть также оценена и в денежном выражении по формуле [8]

$$\Delta Э_{пм} + \Delta Э_{вм} + \Delta Э_{след} \leq \sum Э_{эк}, \qquad (1.15)$$

где $\Delta Э_{пм}$ – дополнительные затраты на погрузку маршрута, руб.; $\Delta Э_{вм}$ – дополнительные затраты на выгрузку маршрута, руб.; $Э_{эк}$ – приведенная экономия от проследования без переработки хотя бы одной технической станции, руб.

Если затраты на организацию маршрута больше экономии времени на попутных технических станциях, то маршрут не назначается.

План маршрутизации разрабатывается на период действия плана формирования поездов. После его разработки составляется календарный план погрузки и перевозки грузов, который и является *планом формирования поездов* при отправительской маршрутизации.

Пример 1.7. Требуется на основании примера 1.6 составить календарный план погрузки и перевозки грузов. Расчетный период – месяц.

Решение

Календарный план разрабатываем в табличной форме (табл. 1.7). Общее количество вагонов, отправляемых в отправительских маршрутах с Дороги 1 на Дорогу 3 в месяц составит: $n_{\text{мес}} = 600 \cdot 30 = 18000$ ваг. Количество маршрутов за месяц составит 300.

Вывод. При равномерном распределении погрузки грузов среднесуточное количество отправляемых маршрутов составит 10 составов.

Таблица 1.7

Календарный план отправительской маршрутизации

Станция (дорога) погрузки	Станция (дорога) назначения	Род груза	Количество вагонов, включаемых в маршрут в месяц	Состав маршрута, ваг.	Количество маршрутов в месяц	Дни месяца (декада)									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дорога 1	Дорога 3	Уголь	18000	60	300	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Станция Е	Дорога 1	Лес	3600	60	60	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Дорога 3	Станция Е	Лес	3600	60	60	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Дорога 3	Дорога 1	Нефть	18000	60	300	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

1.6.3. Расчет плана формирования технических маршрутов

Для автоматизированного составления и оценки вариантов плана формирования поездов (ПФП) на отдельной железной дороге в соответствии с данными о вагонопотоках, поступающих из программных комплексов АСОУП (автоматизированная система оперативного управления поездами) и ФГМ (финансово-грузовая модель), служит автоматизированная система по расчету плана формирования поездов (АС РПФП) дорожного уровня.

Эта система обеспечивает следующие технологические операции:

- автоматизированную обработку и хранение входных данных по местным и транзитным с переработкой и без переработки вагонопотоков,

поступающих из действующих на сети дорог программных комплексов «АСОУП» и «Финансово-грузовая модель»;

- графическое отображение на экране схемы полигона дороги и распределение среднесуточных вагонопотоков по участкам полигона;
- ввод нормативно-справочных данных по участкам и станциям данного полигона для расчета вариантов ПФП;
- построение и графическое отображение маршрутов следования вагонов между двумя станциями по кратчайшему расстоянию и по действующему плану формирования поездов;
- формирование, отображение и выдачу на печать следующих справок:
  – об объектах полигона дороги (станции, участки);
  – о среднесуточной погрузке и выгрузке на отдельных станциях, участках, нескольких участках, в целом по дороге (в объеме, необходимом для формирования исходных данных для расчета ПФП);
  – о структурах вагонопотоков между станциями;
  – о сформированных на станциях поездах;
  – об отправительских маршрутах;
  – о приеме и сдаче поездов по стыковым пунктам;
  – и другое;
- составление вариантов плана формирования поездов на основе рассчитанных среднесуточных вагонопотоков;
- оценку вариантов ПФП и выбор оптимального варианта на основе многокритериальной оптимизации;
- просмотр и печать вариантов плана формирования поездов.

Расчет плана формирования одногруппных сквозных назначений выполняется любым известным методом (см. Библиографический список [2, 9, 14]).

Пример 1.8. Требуется для установленной корреспонденции груженых вагонопотоков рассчитать план формирования одногруппных сквозных назначений (в четном направлении). Приведенное время экономии по техническим станциям см. в примере 1.7. Вагоно-часы накопления по техническим станциям представлены в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Вагоно-часы накопления по техническим станциям

Станции	Станция Дороги 1	А, Б, Г, Д	В	Е	Станция Дороги 3
Вагоно-часы, *Ст*	700	600	650	500	700

Решение

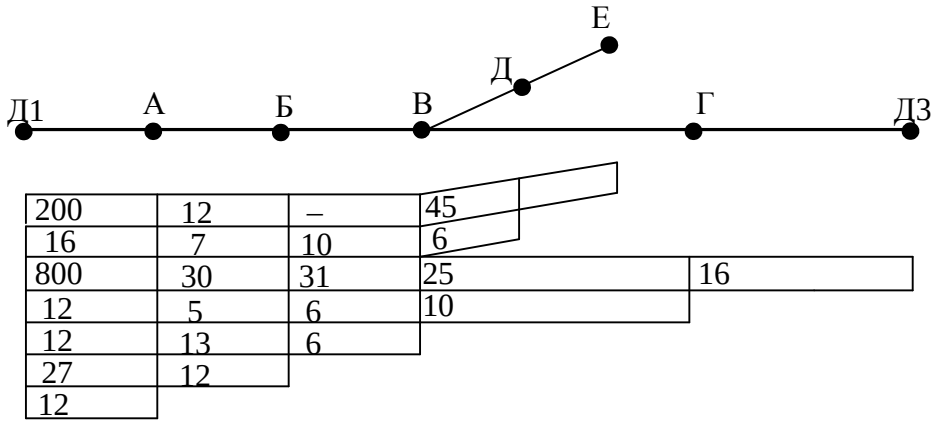
Для расчета плана формирования поездов (ПФП) берется вагонопоток (см. табл. 1.3) без учета вагонов, выделенных в отправительские маршруты (см. табл. 1.6). Расчетный груженый вагонопоток представлен в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Корреспонденция груженых вагонопотоков для расчета ПФП

Из \ На	Дорога 1	А	Б	В	Д	Е	Г	Дорога 3
Дорога 1		12	27	12	16	200	12	800
А	13		12	13	7	12	5	30
Б	70	5		6	10	–	6	31
В	80	2	2		6	45	10	25
Д	5	2	8	14		10	–	3
Е	90	15	–	30	15		–	100
Г	25	–	2	4	–	15		16
Дорога 3	400	5	–	10	10	130	–	

Вывод. С учетом углового вагонопотока с Е на З (см. рис. 1.1) по станции В оптимальный план формирования для четного направления будет иметь такой вид, как показано на рис. 1.6.



Оптимальный план формирования
одногруппных сквозных назначений

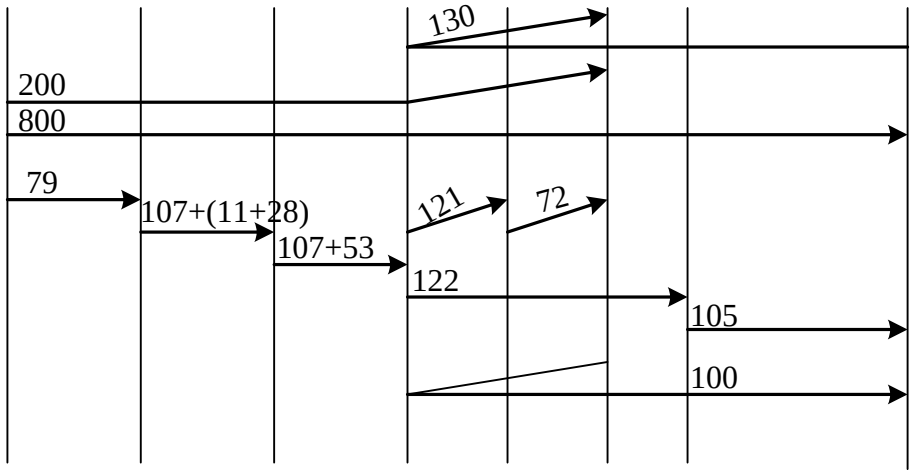


Рис. 1.6. План формирования поездов в четном направлении

1.7. Построение схемы поездопотоков

Схема поездопотоков строится на основании разработанной диаграммы груженых и схем продвижения порожних вагонопотоков и рассчитанного плана формирования поездов, а также определенного количества вагонов в составах груженых и порожних грузовых поездов. На рис. 1.7 приведена схема поездопотоков на выделенных участках железнодорожного полигона. Поезда на схеме показаны в соответствии с принятыми условными обозначениями. В прямоугольниках указано общее число грузовых поездов, которые следуют по участку по категориям (сквозные, участковые, сборные, отправительские маршруты).

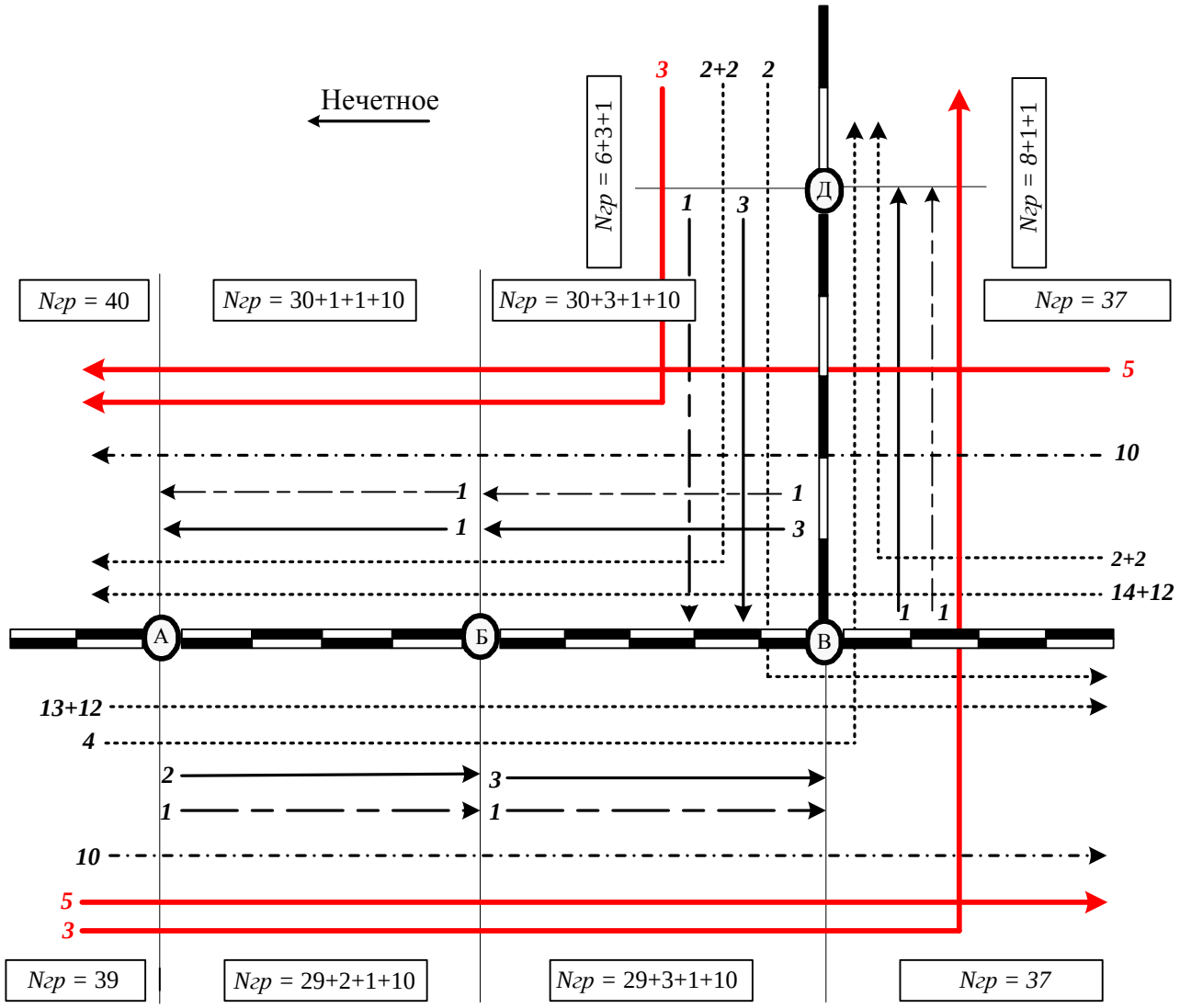


Рис. 1.7. Схема поездопотоков: ····· – сквозные поезда (груженые+порожние); –·–·– – отправительские маршруты; ——— – участковые поезда; — – – — – сборные поезда; ——— – пассажирские поезда

Построенная схема поездопотоков используется при разработке графика движения поездов с увязкой локомотивов к поездам по станциям оборота.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Что должна обеспечивать система организации и продвижения вагонопотоков?
2. Что служит основой для разработки таблиц груженых вагонопотоков?
3. С какой целью определяется баланс порожних вагонов?
4. По каким параметрам выполняется расчет массы поезда?
5. От чего зависит средневзвешенное количество осей вагона?
6. Какая масса грузового поезда принимается за расчетную?
7. Как определяется число вагонов в составе поезда (груженого и порожнего)?
8. В каких случаях отправительские маршруты могут формироваться на станционных путях ОАО «РЖД»?
9. Какие факторы учитываются при оценке вариантов организации продвижения вагонопотоков?
10. В каких случаях неэффективные маршрутные назначения могут быть включены в план организации маршрутов?
11. Какие исходные данные необходимы для составления плана маршрутизации с мест погрузки?
12. Какие должны быть выполнены условия включения в план маршрутизации отдельных струй вагонопотоков?

2. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕСТНОЙ РАБОТЫ НА УЧАСТКАХ ПОЛИГОНА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В настоящее время вопросу организации местной работы уделяется особое внимание. Это вызвано следующим:

- изменениями, произошедшими в нашей стране в конце XX – начале XXI в., и влиянием этих изменений на общую поездную обстановку на сети железных дорог;
- реформированием и реструктурированием Российских железных дорог, появлением экспедиторских и операторских компаний, которые в свою очередь оказывают влияние на организацию и продвижение вагонопотока.

Кроме того, на организацию местной работы и продвижение в дальнейшем вагонопотока оказывает также влияние и появление большого количества мелких грузоотправителей.

Рыночные условия в сложившейся ситуации требуют сокращения сроков доставки грузов, их сохранности при наименьших финансовых затратах. Именно для повышения скоростей доставки грузов на Российских железных дорогах электрифицируют основные направления, увеличивают длину приемоотправочных и сортировочных путей. Однако, как показывает практика, замедление продвижения вагонопотока происходит главным образом при выполнении местной и сортировочной работы. Более того, именно от эффективности организации местной работы зависит продвижение вагонопотока.

Местная работа железной дороги включает в себя комплекс операций с местными вагонами. Для станции – это вагоны, которые погружены на самой станции и приняты в груженом состоянии с других подразделений для выгрузки, а также порожние вагоны для обеспечения погрузки и освободившиеся после выгрузки. Для железных дорог – филиалов ОАО «РЖД» – это вагоны, которые погружены на станциях данной дороги, приняты с других дорог для выгрузки, а также порожние вагоны для обеспечения погрузки.

Развоз и передача местного груза преимущественно осуществляется:

- сборными поездами в соответствии с планом формирования сборных поездов на участках и по твердым ниткам графика движения;
- вывозными поездами, следующими с сортировочной или участковой станции до отдельных промежуточных станций примыкающего участка;
- диспетчерскими локомотивами по готовности состава, в соответствии с диспетчерским расписанием и согласно графику их работы;
- прицепкой групп вагонов к участковым поездам, при условии полного использования участковой нормы длины и массы поезда и отцепкой их на станциях;
- для развоза местного груза локомотивами, следующими резервом, и хозяйственными поездами (не более 10 вагонов включительно).

Схема последовательности выполнения расчетов приведена на рис. 2.1.

Рис. 2.1. Логическая схема организации местной работы

2.1. Определение объема работы на промежуточных станциях участка

Пунктами зарождения груженых и порожних вагонопотоков являются:

- станции погрузки и станции отправления порожних вагонов на сети ОАО «РЖД»;
- станции, с которых вагоны после выгрузки отправляются в порожнем состоянии в регулировку.

Объем погрузки и выгрузки вагонов на станциях устанавливается на основе анализа отчетных форм ГО-1, ГО-2, ГО-3, ДО-16.

Пример 2.1. Для участка Б–В (см. исходные данные примера 1.1) требуется составить таблицу местных вагонов. На участке расположено 5 промежуточных станций, открытых для грузовой работы. Процент распределения вагонов между станциями задан в табл. 2.1. Требуется рассчитать баланс порожних вагонов.

Таблица 2.1

Распределение погрузки и выгрузки по направлениям, %

Станция	Выгрузка		Погрузка	
	нечетное	четное	нечетное	четное
1	15	20	15	20
2	20	20	20	20
3	25	30	25	30
4	20	20	20	20
5	20	10	20	10
Итого	100	100	100	100

На основании исходных данных (см. табл. 1.1 и 2.1) производим распределение местных вагонов, представленное в табл. 2.2.

Баланс порожних вагонов сводится в табл. 2.3.

Таблица 2.2

Погрузка и выгрузка вагонов на промежуточных станциях участка Б-В

Станция	Выгрузка										Погрузка						
	нечетная					четная				Всего	четная			нечетная			Всего
	кр	пр	пв	пл	Итого	кр	пр	пв	Итого		кр	пв	Итого	кр	пв	Итого	
1	1	–	4	1	6	4	2	–	6	12	4	6	10	3	4	7	17
2	–	3	3	2	8	3	2	–	5	13	4	6	10	4	5	9	19
3	1	4	4	–	9	3	3	2	8	17	6	9	15	5	6	11	26

Окончание табл. 2.2

Станция	Выгрузка										Погрузка						
	нечетная					четная				Всего	четная			нечетная			Всего
	кр	пр	пв	пл	Итого	кр	пр	пв	Итого		кр	пв	Итого	кр	пв	Итого	
4	2	3	3	–	8	5	1	–	6	14	4	6	10	4	5	9	19
5	1	4	–	2	7	2	1	–	3	10	2	3	5	4	5	9	14
Всего	5	14	14	5	38	17	9	2	28	66	20	30	50	20	25	45	95

Таблица 2.3

Баланс порожних вагонов
на промежуточных станциях участка Б-В

Станция	Выгрузка				Погрузка				Избыток порожних вагонов (+)				Недостаток порожних вагонов (–)			
	кр	пр	пв	пл	кр	пр	пв	пл	кр	пр	пв	пл	кр	пр	пв	пл
1	5	2	4	1	7	–	10	–	–	2	–	1	2	–	6	–
2	3	5	3	2	8	–	11	–	–	5	–	2	5	–	8	–
3	4	7	6	–	11	–	15	–	–	7	–	–	7	–	9	–
4	7	4	3	–	8	–	11	–	–	4	–	–	1	–	8	–
5	3	5	–	2	6	–	8	–	–	5	–	2	3	–	8	–
Итого	22	23	16	5	40	–	55	–	–	23	–	5	18	–	39	–
Всего	66				95				28				57			

2.2. Построение диаграммы местных вагонопотоков

Диаграмма местных вагонопотоков строится по данным о погрузке и выгрузке вагонов на промежуточных станциях участка (табл. 2.2) и рассчитанному балансу порожних вагонов (табл. 2.3).

Диаграмма разрабатывается в следующей последовательности.

1. Рисуется схема рассматриваемого участка.
2. Условными обозначениями наносятся технические станции, ограничивающие участок.
3. Через середину условных обозначений технических станций проводится ось, разделяющая четное и нечетное направления движения.
4. Между техническими станциями последовательно наносятся промежуточные станции участка в виде прямоугольников.
5. В прямоугольниках каждой станции отдельно по направлению движения записываются сведения о прицепке и отцепке вагонов. Эти сведения выбираются из табл. 2.2 и табл. 2.3. В числителе указывается количество груженых вагонов, в знаменателе – количество порожних вагонов.

6. Со знаком «+» записывается прицепка вагонов. Прицепляются все погруженные в соответствующем направлении груженые вагоны (см. табл. 2.2) и порожние вагоны, оставшиеся на станции в избытке после выгрузки (см. табл. 2.3). При прицепке порожних вагонов по роду подвижного состава необходимо учитывать направление следования «порожняка», согласно ранее разработанным схемам движения порожних вагонов (см. рис. 1.5).

7. Отцепка указывается со знаком «–». Подлежат отцепке груженые вагоны, следующие под выгрузку на станцию, и порожние вагоны, следующие на станцию для обеспечения погрузки (недостаток «порожняка»). Подводимые на участок порожние вагоны по роду подвижного состава должны быть отправлены в направлении следования «порожняка», установленного на схемах движения порожних вагонов (см. рис. 1.5).

8. Начиная с технических станций, ограничивающих участок, отдельно в каждом направлении движения записывают количество вагонов, следующих по каждому перегону.

9. С технической станции на участок будут отправлены все выгружаемые в рассматриваемом направлении груженые вагоны и все отцепляемые в этом же направлении порожние вагоны. Это количество вагонов будет следовать по первому от технической станции перегону. Для определения числа вагонов, которые следуют по следующему перегону, необходимо от числа вагонов, прибывших на станцию в рассматриваемом направлении, вычесть число отцепляемых вагонов (груженых и порожних) и прибавить число прицепляемых вагонов (груженых и порожних) в этом же направлении движения и т. д.

10. После вычисления всех значений местных вагонопотоков по всем перегонам по последнему перегону участка должно следовать число груженых вагонов, погруженных на участке в рассматриваемом направлении, и общее количество прицепленных порожних вагонов.

Пример 2.2. Требуется для участка Б–В (см. пример 2.1) разработать диаграмму груженых и порожних местных вагонопотоков.

Решение

Согласно схемам движения порожних вагонов (см. рис. 1.5) на участке Б–В в четном направлении следуют только порожние платформы.

Прочие вагоны с участка Б–В следуют в нечетном направлении, следовательно, избыток этих порожних вагонов будет прицеплен к нечетным поездам.

На участке Б–В имеется недостаток порожних вагонов в количестве 57 вагонов: 18 – крытых; 39 – полувагонов. Все эти вагоны, согласно схеме движения порожних вагонов (рис. 1.5), подводятся на участок в нечетном направлении.

На основании табл. 2.2, 2.3 строим диаграмму местных вагонопотоков. На диаграмме показываются вагоны, следующие под выгрузку, погруженные вагоны и порожние.

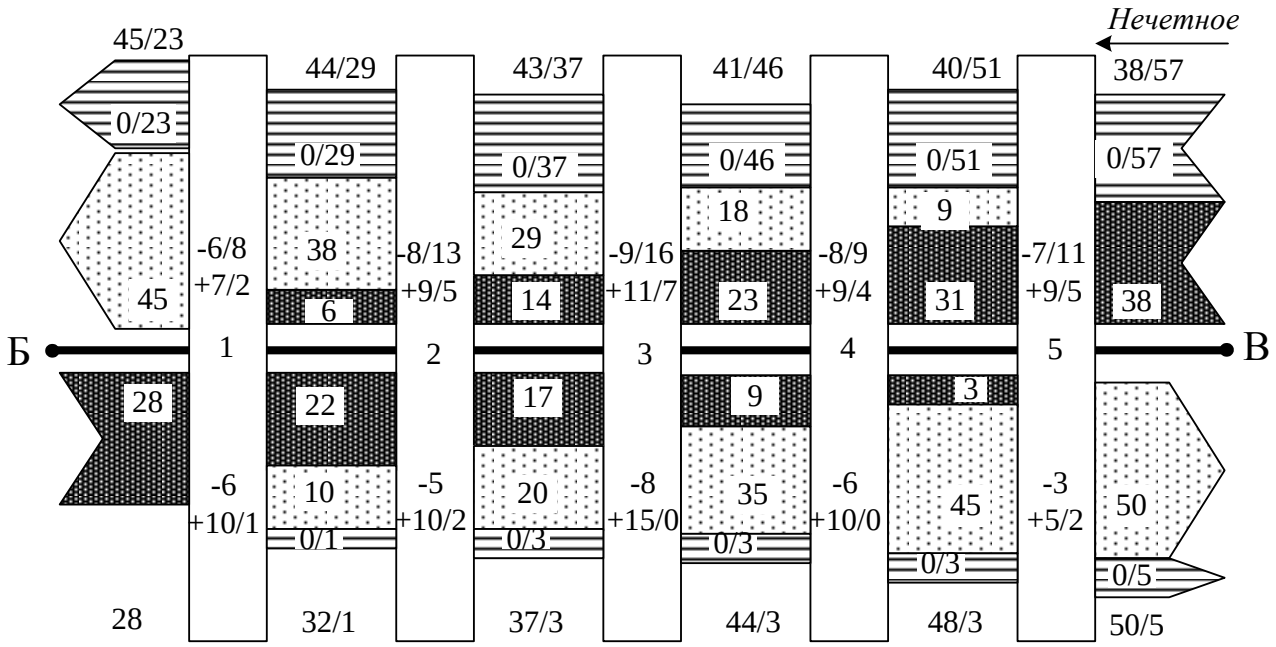


Рис. 2.2. Диаграмма местных вагонопотоков на участке Б–В:

28 – вагоны, поступающие на участок под выгрузку;

10 – вагоны, погруженные на участке; 0/1 – порожние вагоны

В итоге на станцию В с рассматриваемого участка поступает 50 погруженных вагонов (см. табл. 2.2, графа «*погрузка – четная – итого*») и 5 порожних вагонов (см. табл. 2.3, графа «*избыток порожних вагонов – платформы – итого*»).

Аналогично рассчитываем значения вагонопотоков на перегонах в нечетном направлении. Со станции В на участок Б – В поступает 38 вагонов под выгрузку и 0/57 порожних вагонов (0/18 крытых и 0/39 полувагонов) под обеспечение погрузки. С участка на станцию Б поступает 45 погруженных вагонов и 0/23 порожних (прочих).

На диаграмме для каждого перегона должна быть указана густота вагонопотока (сумма груженых и порожних вагонов).

Например, на перегоне 1 – 2 в четном направлении густота вагонопотока составляет 32/1 вагона, в нечетном – 44/29 вагонов.

2.3. Расчет числа сборных поездов, обслуживающих местную работу

Расчет числа сборных поездов, обслуживающих местную работу, выполняется на основании разработанной диаграммы вагонопотоков и установленных массы и длины грузовых поездов. Масса и величина состава поезда определяются в соответствии с Правилами тяговых расчетов [13]. Расчет числа поездов в зависимости от силы тяги локомотива производится по формуле

$$N = \frac{n_{гр}\, q_{бр} + n_{пор}\, q_{т}}{Q_{бр}^{F}}, \qquad (2.1)$$

где $n_{гр}$ и $n_{пор}$ – число груженых и порожних вагонов на расчетном перегоне (густота), ваг.; $q_{бр}$ и $q_{т}$ – соответственно масса вагона брутто и вес тары вагона, т; $Q_{бр}^{F}$ – масса поезда брутто, установленная по силе тяги локомотива, т.

Число поездов в зависимости от полезной длины приемо-отправочных путей рассчитывается по формуле

$$N = \frac{(n_{гр} + n_{пор})\, l_{ваг}}{l_{пол} - l_{лок} - 10}, \qquad (2.2)$$

где $l_{ваг}$ – длина вагона, м; $l_{пол}$ – полезная длина приемо-отправочных путей, м; $l_{лок}$ – длина локомотива, м.

Пример 2.3. Требуется рассчитать число поездов, обслуживающих местную работу на участке Б–В. Масса поезда брутто $Q_{бр}^{F}$ = 5000 т. Длина вагона $l_{ваг}$ = 14 м. Полезная длина приемо-отправочных путей $l_{пол}$ = 1050 м. Длина локомотива $l_{лок}$ = 34 м. Масса вагона брутто $q_{бр}$ = 80 т, тары $q_{т}$ = 22 т. Густоту вагонопотока принять по условиям примера 2.2.

Решение

Расчет числа поездов выполняем по максимальной величине густоты вагонопотока на перегонах участка Б–В.

В четном направлении максимальная величина вагонопотока на перегоне 5 – В (50/5 вагонов), в нечетном направлении – на перегоне В – 5 (38/57 вагонов), тогда число сборных поездов составит:

$$N_{\text{чет}} = \frac{n_{гр} q_{бр} + n_{пор}\ q_{т}}{Q_{бр}^{F}} = \frac{50 \cdot 80 + 5 \cdot 22}{5000} = 0,8 \text{ поезда;}$$

$$N_{чет} = \frac{(n_{гр} + n_{пор})\, l_{ваг}}{l_{пол} - l_{лок} - 10} = \frac{(50+5)\,14}{1050 - 34 - 10} = 0,8 \text{ поезда;}$$

$$N_{нечет} = \frac{38 \cdot 80 + 57 \cdot 22}{5000} = 0,9 \text{ поезда;}$$

$$N_{нечет} = \frac{(38+57)\,14}{1050 - 34 - 10} = 1,3 \approx 2 \text{ поезда.}$$

Вывод. На участке Б–В для развоза местных вагонов в четном направлении необходим 1 сборный поезд, в нечетном направлении – 2 сборных поезда.

2.4. Выбор способа обслуживания промежуточных станций

Способ обслуживания промежуточных станций участка зависит:

1) от количества местных поездов (сборных, вывозных);
2) от размеров погрузки и выгрузки на данных станциях.

Рассмотрим возможные варианты обслуживания промежуточных станций участка (рис. 2.3).

1. Сборные поезда обслуживают все промежуточные станции участка.
2. Зонные сборные поезда – с работой на части промежуточных станций одного участка.
3. Ускоренный сборный поезд работает только на части промежуточных (опорных) станций участка, а местные вагоны между опорными станциями развозят диспетчерским локомотивом.
4. Дополнительно к сборному поезду может быть назначен вывозной поезд.
5. Сборно-участковые поезда включают как местные вагоны, так и транзитные, следующие со станции отправления поезда на смежную техническую станцию.

При одном и том же количестве сборных поездов их работа может быть специализирована по-разному.

Чтобы принять решение о том, каким способом следует обслуживать промежуточные станции участка, общего расчета по максимальной величине густоты вагонопотока недостаточно. Необходимо произвести расчет по формулам (2.1) и (2.2) для всех перегонов рассматриваемого участка.

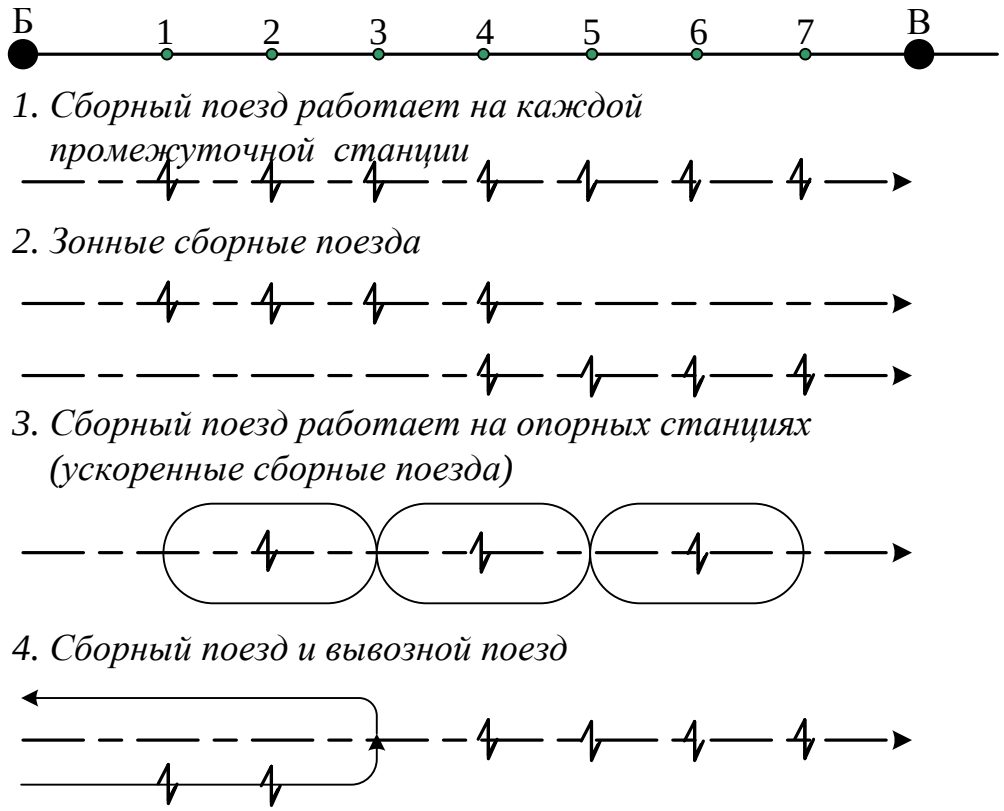


Рис. 2.3. Варианты обслуживания промежуточных станций сборными поездами

Результаты расчета сводятся в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Расчет числа поездов, обслуживающих местную работу

Участок	Перегон	Число вагонов		Количество поездов					
				По силе тяги локомотива		По полезной длине приемо-отправочных путей		Принимаемое	
		неч.	чет.	неч.	чет.	неч.	чет.	неч.	чет.

Пример 2.4. По исходным данным примера 2.3 требуется выбрать способ обслуживания промежуточных станций участка Б–В.

Решение

Производим расчет количества сборных поездов для всех перегонов участка Б–В по формулам (2.1) и (2.2), результаты которого заносим в табл. 2.5.

Вывод. По результатам расчета (табл. 2.5) установлено, что на участке Б–В необходимо принять следующий вариант: в четном направлении следует один сборный поезд (с работой на всех станциях участка); в нечет-

ном – два сборных поезда (так как на всех перегонах, кроме перегона Б–1, требуется два сборных поезда из-за недостаточности длины приемо-отправочных путей на станциях).

Таблица 2.5

Расчет числа поездов, обслуживающих местную работу

Участок	Перегон	Число вагонов		Количество поездов					
				По силе тяги локомотива		По полезной длине приемо-отправочных путей		Принимаемое значение	
		неч.	чет.	неч.	чет.	неч.	чет.	неч.	чет.
Б–В	Б–1	45/23	28	0,82	0,45	0,94	0,39	2	1
	1–2	44/29	32/1	0,83	0,52	1,02	0,46		
	2–3	43/37	37/3	0,85	0,61	1,11	0,56		
	3–4	41/46	44/3	0,86	0,72	1,21	0,65		
	4–5	40/51	48/3	0,86	0,78	1,26	0,71		
	5–В	38/57	50/5	0,86	0,82	1,32	0,76		

После определения способа обслуживания промежуточных станций рассматриваем возможные варианты схем расположения местных поездов на плане-графике местной работы.

Важно помнить, что от неправильно выбранной схемы прокладки сборных поездов произойдет общий простой местных вагонов на промежуточных станциях.

В том случае, когда на участке работает одна пара сборных поездов, простой вагонов на промежуточных станциях зависит от взаимного расположения их на графике. Принципиальные схемы их взаимного расположения приведены на рис. 2.4.

Минимальный интервал между прибытием на техническую станцию сборного поезда определяется временем, необходимым для выполнения грузовых операций ($t_{гр}$).

Выбор схемы производится на основе анализа местного вагонопотока на участке, *поступающего с каждого направления с последующим отправлением с четным или нечетным поездом*:

n_1 – вагоны, отправленные с нечётным сборным поездом № 3401;

n_2 – вагоны, прибывшие в нечётном сборном поезде № 3401;

n_3 – вагоны, отправленные с чётным сборным поездом № 3402;

n_4 – вагоны, прибывшие в чётном сборном поезде № 3402.

Схема 1. $n_1+n_4 > n_2+n_3$

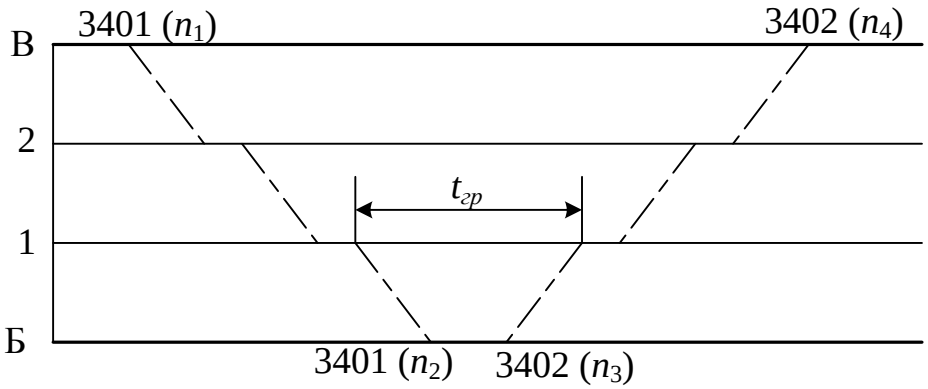


Схема 2. $n_1+n_4 < n_2+n_3$

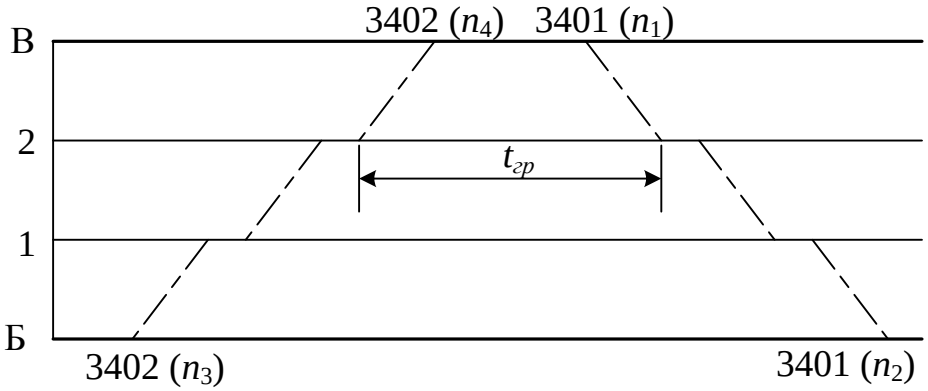


Схема 3. $n_1+n_4 = n_2+n_3$

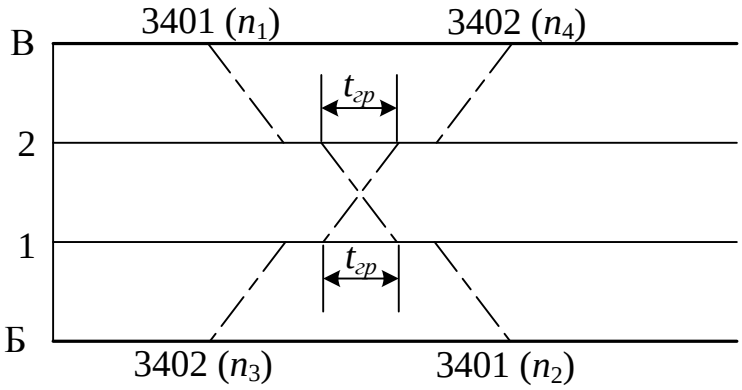


Рис. 2.4. Схемы взаимного расположения сборных поездов:
n_1 – вагонопоток, следующий на участок в нечетном направлении;
n_4 – вагонопоток, выходящий с участка в четном направлении;
n_2 – вагонопоток, выходящий с участка в нечетном направлении;
n_3 – вагонопоток, входящий на участок в четном направлении

Значения n_1, n_2, n_3 и n_4 принимаются по диаграммам местных вагонопотоков (см. рис. 2.2).

Если выполняется условие $n_1 + n_4 > n_2 + n_3$, то сборные поезда прокладывают по схеме 1.

Если выполняется условие $n_1 + n_4 < n_2 + n_3$, то сборные поезда прокладывают по схеме 2.

Если выполняется условие $n_1 + n_4 = n_2 + n_3$, то сборные поезда прокладывают по схеме 3.

При наличии двух и более сборных поездов в одном направлении схемы возможной прокладки попутных сборных поездов приведены на рис. 2.5.

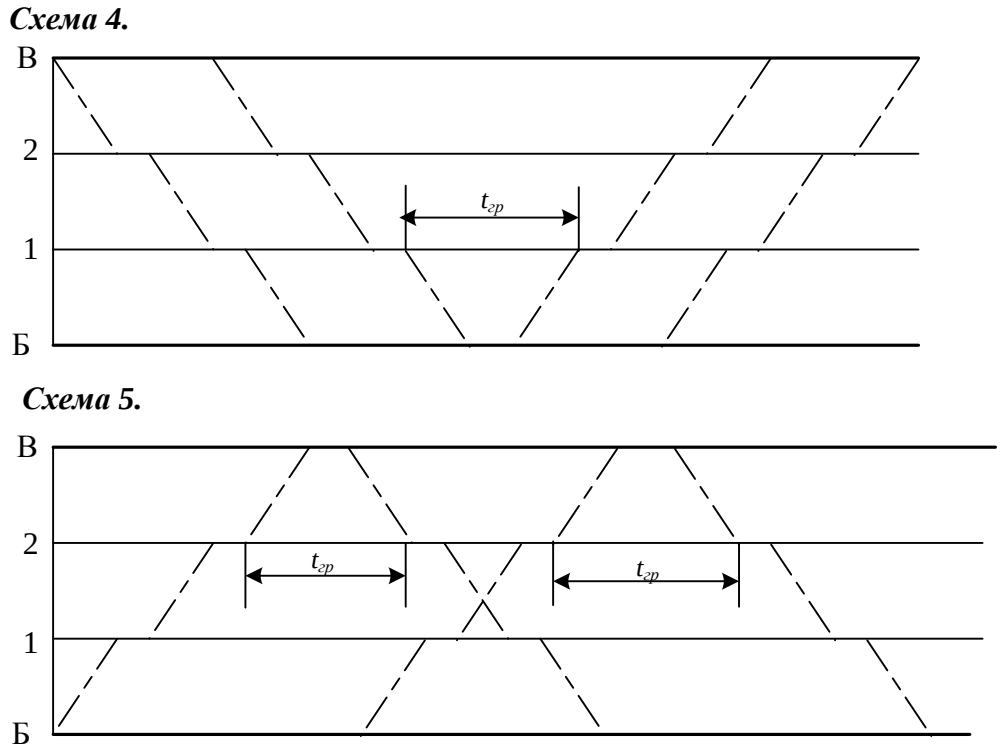


Рис. 2.5. Схемы возможной прокладки попутных сборных поездов

Пример 2.5. Требуется по исходным данным примера 2.4 выбрать способ обслуживания промежуточных станций участка Б–В.

Решение

По данным рис. 2.2: $n_1 + n_4 > n_2 + n_3 = \left(38/57 + 50/5 > 28 + 45/23\right)$, выбираем схему 1 (см. рис 2.4) прокладки сборных поездов. При этом следует помнить, что в нечетном направлении следует два сборных поезда, поэтому сначала по участку пройдет с остановками для работы на станциях пара сборных поездов № 3401 и № 3402, а затем на участок выйдет сборный поезд № 3403.

Время $T_{ст}^{Б}$ между прибытием на станцию Б сборного поезда № 3401 и отправлением с этой же станции встречного сборного поезда № 3402 должно быть не меньше времени, необходимого для выполнения грузовых операций на ближайшей промежуточной станции $t_{гр}$, за вычетом времен хода нечетного $t_x^{неч}$ и четного $t_x^{чет}$ сборных поездов:

$$T_{ст}^{Б} \geq t_{гр} - \left(t_x^{неч} + t_x^{чет}\right).$$

Аналогичное условие должно соблюдаться для поездов № 3402 и № 3403 на станции В:

$$T_{ст}^{В} \geq t_{гр} - \left(t_x^{неч} + t_x^{чет}\right).$$

Вывод. Схема обслуживания промежуточных станций участка Б–В должна быть такой, как показано на рис. 2.6.

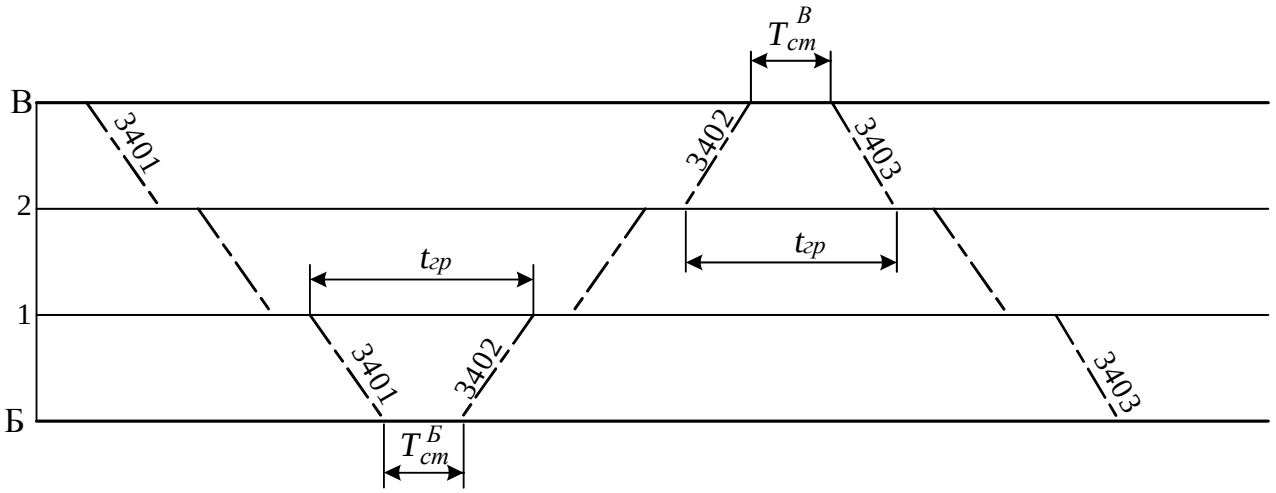


Рис. 2.6. Схема обслуживания промежуточных станций участка Б–В сборными поездами

2.5. Методика выбора вариантов организации местных вагонопотоков на участках

Оценка вариантов производится в денежном выражении (см. Библиографический список [2, 9]).

Кроме пропуска сборных поездов существует отправление участкового вагонопотока со сборными поездами. Методика выбора вариантов организации местных вагонопотоков на участках подробно рассмотрена в инструктивных указаниях [2].

Для выбора вариантов организации местных вагонопотоков с учетом пропуска участкового вагонопотока в качестве исходных принимаются данные о корреспонденциях вагонов между участковыми и промежуточными станциями рассматриваемого участка, но без учета вагонопотоков, организованных в отправительские и ступенчатые маршруты, а также в вывозные поезда.

2.5.1. Выделение участкового вагонопотока в самостоятельное назначение плана формирования

При выделении участкового назначения и отправления с ним всех вагонов потока этого назначения сопоставляемые затраты $В_1$, руб., по вашему варианту определяются по формуле

$$В_1 = (C_{уч}\, m_{уч} + t_{нак}^{сб}\, n_{сб})\, e_{в\text{-}ч}, \qquad (2.3)$$

где $C_{уч}$ – параметр накопления участковых поездов, составо-ч/сут; $m_{уч}$ – установленный на участке состав поезда физических вагонов; $t_{нак}^{сб}$ – средний простой вагонов под накоплением состава сборного поезда, ч; $n_{сб}$ – количество вагонов, отправляемых со станции формирования сборного поезда, вагонов/сут; $e_{в\text{-}ч}$ – единичная расходная ставка на 1 вагоно-час простоя грузового вагона, руб.

Параметр накопления составов поездов, час, назначения i при накоплении составов до заданной величины m определяется по формуле

$$C_{уч} = 12\,(1 - Bm_p\, \frac{\sqrt{n_i}}{(3{,}1 + 0{,}014\, n_i)\, km_i}), \qquad (2.4)$$

где B – коэффициент, зависящий от допустимых колебаний числа вагонов в составах поездов рассматриваемого назначения Δm. Для среднесетевых условий для сквозных и участковых поездов B = 0,5, для вывозных и передаточных поездов B = 1,5 [1]; m_p – состав разборочного поезда, ваг.; n_i – мощность рассматриваемого назначения, ваг./сут; k – количество формируемых назначений участковых (сквозных) поездов; m_i – состав формируемого участкового (сквозного) поезда, ваг.

При отправлении поездов по фиксированным ниткам графика независимо от числа накопленных вагонов (сборные, вывозные, передаточные

поезда) параметр накопления $C_{сб} = 10$ при $n_{\text{i}} > 0$. Для назначений диспетчерских локомотивов $C_{дл} = 7$.

Среднее время простоя вагонов, ч, назначения *i* под накоплением определяется по формуле

$$t_{нак} = \frac{C_i \, m_i}{n_i}. \tag{2.5}$$

Расчет для вагонов сборных поездов назначения *i* определяется, час, по формуле

$$t_{нак} = \frac{C_{сб} \, m_{\text{сб}}}{n_i}. \tag{2.6}$$

Пример 2.6. Станция В формирует два назначения k участковых поездов. Состав формируемого поезда m_i равен 60 вагонам. Количество вагонов участкового назначения n_i = 80. Требуется определить параметр накопления для участковых поездов и средний простой вагонов под накоплением. Состав разборочных поездов m_p = 65 вагонам.

Решение

$$C_{уч} = 12\left(1 - Bm_{\text{р}} \frac{\sqrt{n_i}}{(3{,}1 + 0{,}014\, n_i)\, km_i}\right) =$$

$$= 12\left(1 - 0{,}5 \cdot 65 \frac{\sqrt{80}}{(3{,}1 + 0{,}014 \cdot 80)\, 2 \cdot 60}\right) = 5{,}11 \text{ ч.}$$

Тогда

$$t_{нак} = \frac{C_i \, m_i}{n_i} = \frac{5{,}11 \cdot 60}{80} = 3{,}83 \text{ ч.}$$

Вывод. Параметр накопления $C_{уч} = 5{,}11$ ч, средний простой вагонов под накоплением $t_{нак} = 3{,}834$ ч.

Пример 2.7. Станция В формирует восемь назначений сквозных поездов. Состав формируемого поезда m_i = 60 вагонов. Количество вагонов сквозных назначений n_i = 1250 вагонов. Требуется определить параметр накопления для сквозных поездов и среднее время простоя вагонов под накоплением. Состав разборочных поездов m_p = 65 вагонов.

Решение

$$C_{скв} = 12\left(1 - Bm_p \frac{\sqrt{n_i}}{(3{,}1 + 0{,}014 \cdot n_i)\, km_i}\right) =$$

$$= 12\left(1 - 0{,}5 \cdot 65 \frac{\sqrt{1250}}{(3{,}1 + 0{,}014 \cdot 1250)\, 8 \cdot 60}\right) = 12\,(1 - 0{,}13) = 10{,}56 \text{ ч};$$

$$t_{нак} = \frac{C_i\, m_i}{n_i} = \frac{10{,}56 \cdot 60}{1250} = 0{,}5 \text{ ч.}$$

Вывод. Параметр накопления $C_{скв} = 10{,}56$ ч, среднее время простоя вагонов под накоплением $t_{нак} = 0{,}5$ ч.

Пример 2.8. Станция В формирует сборные поезда. Состав формируемого поезда m_i = 60 вагонов. Количество вагонов, включаемых в сборные поезда, составляет 70 вагонов. Требуется определить среднее время простоя вагонов под накоплением.

Решение

$$t_{нак}^{сб} = \frac{C_{сб}\, m_{сб}}{n_i} = \frac{10 \cdot 60}{70} = 8{,}57 \text{ ч}.$$

Вывод. Среднее время простоя вагонов под накоплением $t_{нак}^{сб} = 8{,}57$ ч.

Пример 2.9. Требуется определить на основании полученных данных примеров 2.6 и 2.8 затраты при выделении участкового назначения и отправления с ним всех вагонов потока этого назначения. Раздельное формирование участковых и сборных поездов приведено на рис. 2.7. Расходная ставка на 1 ваг.-час грузового вагона $e_{в\text{-}ч}$ равна 6,8 руб.

Решение

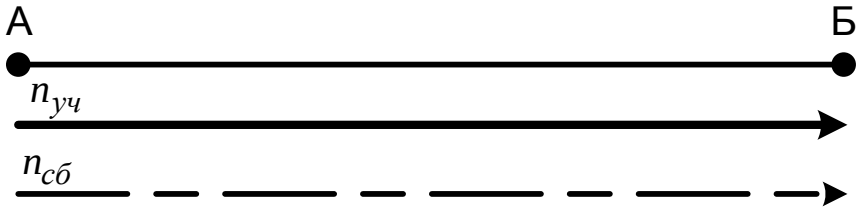


Рис. 2.7. Раздельное формирование
участковых и сборных поездов

Сопоставляемые затраты, связанные с раздельным накоплением участко-

вых и сборных поездов $В_1$ (рис. 2.7), руб., определяются по формуле (2.3):

$$В_1 = (5{,}11 \cdot 60 + 8{,}57 \cdot 70)\, 6{,}8 = 6164{,}88.$$

Вывод. $В_1 = 6164{,}88$ руб.

2.5.2. Выделение участкового назначения в самостоятельное назначение плана формирования с использованием части этого вагонопотока на пополнение сборных поездов

В случае выделения участкового назначения с использованием части этого вагонопотока на пополнение сборных поездов изменение среднесуточных затрат определяется, руб., по формуле

$$В_2 = (1+\alpha)\, C_{уч}\, m_{уч}\, e_{в\text{-}ч} + t_{нак}^{сб}\, n_{сб}\, e_{в\text{-}ч} + n_{доп}\, \Delta Z_{уч}, \qquad (2.7)$$

где $\alpha = \dfrac{\beta^2\, [N_{сб}^{min}]}{N_{уч}}$ – поправочный коэффициент к параметру $C_{уч}$; $\beta = \dfrac{N_{доп}}{[N_{сб}^{\min}]}$ – доля пополнения участковым вагонопотоком каждого сборного поезда; $\left[N_{сб}^{min} = \dfrac{n_{сб}^{max}}{m_{уч}} \right]$ – минимальное число сборных поездов на участках, округленное до большего целого, поездов/сут; $n_{сб}^{max}$ – сборный вагонопоток, по которому устанавливают число сборных поездов на участке (максимальная густота вагонопотока в сборных поездах с учетом прицепок на промежуточных станциях), ваг./сут; $n_{доп}$ – часть участкового вагонопотока, используемая на пополнение сборных поездов, ваг./сут; $N_{доп} = \dfrac{n_{доп}}{m_{уч}}$ – число дополненных сборных поездов; $\Delta Z_{уч}$ – величина изменения затрат от продвижения одного вагона участкового потока по участку в составе сборного поезда при $N_{сб} = [N_{сб}^{min}]$, руб./ваг.

$$\Delta Z_{уч} = (t_{ф}^{сб} - t_{ф}^{уч})\, (e_{в-ч} + \frac{e_{ман}}{m_{уч}}) + (E_{сб} - E_{уч}) + \frac{(K_{ост}^{сб} - K_{ост}^{уч})\, e_{ост}}{m_{уч}}, \qquad (2.8)$$

где $t_{ф}^{сб}$, $t_{ф}^{уч}$ – время на формирование соответственно участкового и сбор-

ного поезда, ч; $e_{ман}$ – единичная расходная ставка 1 часа маневровой работы, руб.; $E_{сб}$, $E_{уч}$ – удельные расходы на перемещение вагонопотока по участку соответственно в сборном поезде с расчетной величиной состава $m_р = m_{сб} = \frac{n_{сб} + n_{доп}}{[N_{сб}^{min}]}$ и в участковом поезде с расчетной величиной состава: $m_р = \mathrm{m}_{уч}$, руб./ваг.; $K_{ост}^{сб}$, $K_{ост}^{уч}$ – число остановок на участке соответственно участкового и сборного поезда; $e_{ост}$ – эксплуатационные расходы, приходящиеся на одну остановку поезда и учитывающие энергетические затраты, связанные с разгоном и торможением (без расходов, вызванных простоем поездов).

При тепловозной тяге:

$$e_{ост} = A_{ост}\,(P_л + Q_{бр})\,V_{торм}^2\,\mathrm{е}_{ут}\cdot 10^{-6},\ \text{руб.} \qquad (2.9)$$

При электровозной тяге:

$$e_{ост} = A_{ост}\,(P_л + Q_{бр})\,V_{торм}^2\,\text{Ц}_{эн}\cdot 10^{-6},\ \text{руб.,} \qquad (2.10)$$

где $A_{ост}$ – коэффициент для расчета расхода топливно-энергетических ресурсов на разгон поезда, равный:

а) для электровозов постоянного тока – $17,25\cdot 10^{-6}$;

б) для электровозов переменного тока – $12,6\cdot 10^{-6}$;

в) для тепловозов – часовой расход условного топлива $\frac{14\,B}{N_к}10^{-9}$;

$V_{торм}$ – оптимальная скорость начала торможения, в типовых условиях, равная 50 км/ч.

Удельные расходы на перемещение вагонопотока по участку в грузовом поезде, руб., определяются по формуле

$$E_{гр} = E_{ваг\text{-}км}^{гр} + E_{ваг\text{-}час}^{гр} + E_{лок-км}^{гр} + E_{лок\text{-}час}^{гр} + E_{бр\text{-}час}^{гр} + E_{ут(эл.эн)}^{гр}, \qquad (2.11)$$

Пример 2.10. Для условий, заданных в ранее рассмотренных примерах 2.6–2.9, и с учетом выделения части участкового вагонопотока для формирования сборных поездов (рис. 2.8) определить изменение среднесуточных затрат в случае выделения участкового назначения с использованием части этого вагонопотока на пополнение сборных поездов ($n_{доп}$ = 20 ваг.). Поезда обслуживаются тепловозами 2ТЭ10М. Время формирования сбор-

ного поезда равно 0,9 ч, время формирования участкового поезда равно 0,2 ч. Участковый поезд следует по участку без остановок. Сборный поезд обслуживает на участке 6 станций. Единичная расходная ставка 1 часа маневровой работы 1191,23 руб. Разница удельных эксплуатационных расходов на перемещение вагонопотока по участку $\Delta E = E_{сб} - E_{уч} = 34,9$ руб. Расходная ставка на остановку грузового поезда при электротяге без учета простоя $e_{ост} = 321,47$ руб.

Решение

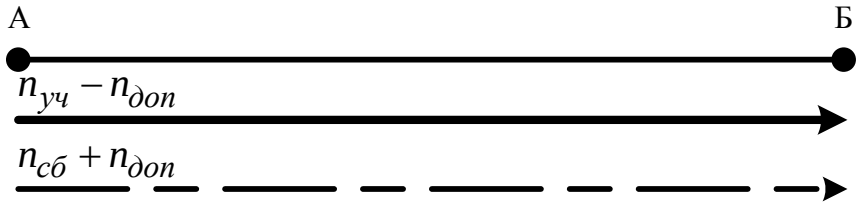


Рис. 2.8. Выделение части участкового вагонопотока для формирования сборных поездов

$$\alpha = \frac{\beta^2\,[N_{сб}^{min}]}{N_{уч}} = \frac{0,165^2 \cdot 2}{1} = 0,05; \quad \beta = \frac{N_{доп}}{[N_{сб}^{min}]} = \frac{0,33}{2} = 0,165;$$

$$\left[N_{сб}^{min} = \frac{n_{сб}^{max}}{m_{уч}} \right] = \frac{85}{60} = 1,4 \approx 2 \text{ поезда/сут}; \quad n_{сб}^{max} = 85 \text{ ваг.};$$

$$n_{доп} = 20 \text{ вагонов/сут}; \quad N_{доп} = \frac{n_{доп}}{m_{уч}} = \frac{20}{60} = 0,33 \text{ поездов/сут};$$

$$\Delta Z_{уч} = (t_{ф}^{сб} - t_{ф}^{уч})\,(e_{в\text{-}ч} + \frac{e_{ман}}{m_{уч}}) + (E_{сб} - E_{уч}) + \frac{(K_{ост}^{сб} - K_{ост}^{уч})\,e_{ост}}{m_{уч}} =$$

$$= (0,9 - 0,2)\left(6,8 + \frac{1191,23}{60}\right) + 34,9 + \frac{(6-0)\,321,47}{60} = 85,7 \text{ руб./ваг.}$$

Величину среднесуточных затрат определяем по формуле

$$В_2 = (1+\alpha)\,C_{уч}\,m_{уч}\,e_{в\text{-}ч} + t_{нак}^{сб}\,n_{сб}\,e_{в\text{-}ч} + n_{доп}\,\Delta Z_{уч} =$$

$$= (1+0,05)\,5,11 \cdot 60 \cdot 6,8 + 8,57 \cdot 70 \cdot 6,8 + 20 \cdot 85,7 = 7983,12 \text{ руб.}$$

Вывод. Среднесуточные затраты $В_2 = 7983,12$ руб.

2.5.3. Объединение участкового вагонопотока с вагонопотоком сборных поездов

При отправлении всего участкового вагонопотока со сборными поездами изменение среднесуточных затрат $В_З$, руб., определяется по формуле

$$В_З = t''^{сб}_{нак}\,(n_{уч} + n_{сб}) + n_{уч}\,\Delta Z'_{уч} + D, \qquad (2.12)$$

где $t''^{сб}_{нак}$ – простой под накоплением вагонов, включаемых в состав поезда с учетом участкового вагонопотока; $\Delta Z'_{уч}$– значение $\Delta Z_{уч}$, вычисленное по формуле (2.8) при замене $n_{доп}$ на $n_{уч}$ при определении значения $E_{сб}$, руб./ваг., D – величина изменения затрат от увеличения числа сборных поездов при включении в них вагонов участкового потока, руб./сут.

$$D = \sum_{1}^{K^{сб}_{ст}} D_j\,, \qquad (2.13)$$

$$D = \left[\frac{6\left(\frac{2\,[t_{гр}\,[N^{об}_{сб}]}{24} + 1\right)}{[N^{об}_{сб}]} - \frac{6\left(\frac{2\,[t_{гр}\,[N^{\min}_{сб}]}{24} + 1\right)}{[N^{min}_{сб}]} \right] \sum n^{неч(чет)}_{приц} e_{в\text{-}ч}, \qquad (2.14)$$

где $[N^{об}_{сб}] = \left[\frac{n^{max}_{сб} + n^{вкл}_{уч}}{m_{уч}} \right]$ – число сборных поездов на участке, округленное до большего целого числа при включении участкового вагонопотока в сборные поезда; $t_{гр}$– норма простоя вагонов на промежуточных станциях, ч (зависит от числа грузовых операций, выполняемых с вагоном – одна или две).

Параметры D определяются для каждой промежуточной станции участка, на которой от сборного поезда отцепляется и прицепляется к нему группа местных вагонов.

Пример 2.11. На основании исходных данных примеров 2.6–2.9 рассчитать затраты при отправлении всего участкового вагонопотока со сборными поездами (рис. 2.9). Среднее время нахождения вагона $t_{гр}$ на промежуточной станции равно 14,5 ч. На станции 1 к четному сборному поезду прицепляется 11 вагонов.

Решение

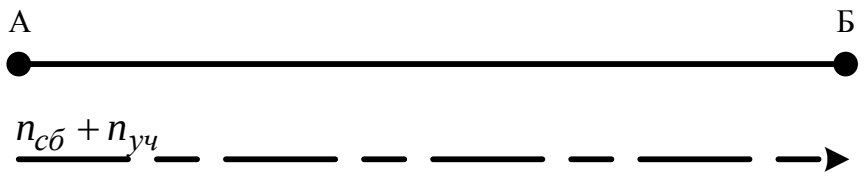


Рис. 2.9. Следование участкового вагонопотока в сборных поездах

Определяем число сборных поездов на участке при включении участкового вагонопотока в сборные поезда:

$$[N_{сб}^{об}] = \left[\frac{n_{сб}^{max} + n_{уч}^{вкл}}{m_{уч}}\right] = \left[\frac{50+160}{60}\right] = 3,5 \approx 4;$$

$$D_1 = \left[\frac{6\left(\frac{2\,[t_{гр}\,[N_{сб}^{об}]}{24}+1\right)}{[N_{сб}^{об}]} - \frac{6\left(\frac{2\,[t_{гр}\,[N_{сб}^{min}]}{24}+1\right)}{[N_{сб}^{min}]}\right] \sum n_{приц}^{неч(чет)}\, e_{в\text{-}ч} =$$

$$= \left[\frac{6\left(\frac{2\cdot 14,5\cdot 4}{24}+1\right)}{4} - \frac{6\left(\frac{2\cdot 14,5\cdot 3}{24}+1\right)}{3}\right] 11\cdot 6,8 = -37,4;$$

$$t_{нак}^{''сб} = \frac{C_{сб}\, m_{сб}}{n_{сб} + n_{уч}} = \frac{10\cdot 60}{70+80} = 4 \text{ час};$$

$$В_З = t_{нак}^{''сб}(n_{уч} + n_{сб}) + n_{уч}\,\Delta Z'_{уч} + D =$$

$$= 4\,(80+70) + 80\cdot 34,9 - 37,4;\;\; В_З = 3354,6 \text{ руб.}$$

Вывод. Среднесуточные затраты $В_З = 3354,6$ руб.

Итак, по результатам расчета примеров 2.9–2.11 можно сделать вывод, что на участке А–Б наименьшие затраты будут при объединении участкового вагонопотока с вагонопотоком сборных поездов.

Следовательно, на участке нецелесообразно формирование участковых поездов. После объединения вагонопотоков сборных и участковых поездов необходимо внести изменения в диаграммы местных вагонопотоков и произвести корректировку расчетов, выполненных ранее в примерах 2.2–2.5 настоящего пособия.

2.6. Расчет времени работы сборного поезда

на промежуточной станции

Время работы сборного поезда на промежуточных станциях суммируется по результатам двух операций:

1) выполнение маневровых передвижений, связанных с прицепкой и отцепкой группы вагонов;

2) выполнение дополнительных операций.

Маневровые операции по прицепке и отцепке вагонов от сборных и вывозных поездов на промежуточных станциях выполняются поездными или маневровыми локомотивами. Продолжительность маневровой работы зависит от вида локомотива, которым выполняется маневровая работа, места производства отцепки вагонов от состава поезда (в голове, середине или в хвосте состава), вида выполняемых операций.

Технологическое время на эти операции рассчитывается на основании нормативных документов [8, 12] при строгом соблюдении технологии их выполнения. Формулы для расчета времени работы сборного или вывозного поезда приведены в табл. 2.6. Нормы времени на дополнительные технологические операции, входящие в состав маневровой работы, приведены в прил. 2 настоящего пособия.

Пример 2.12. В четном направлении на участке Б–В работает один сборный поезд. На станции 1 выполняется отцепка 6 вагонов и прицепка 10/1 вагонов. Требуется рассчитать время на выполнение маневровой работы: 1) поездным локомотивом (работа выполняется с головы состава); 2) маневровым локомотивом.

Решение

Время на маневровую работу, выполняемую поездным локомотивом, рассчитываем в минутах по формуле

$$T_{сб(выв)} = 8{,}15 + 0{,}29\, n_{отц} + 0{,}23\, n_{приц} = 8{,}15 + 0{,}29 \cdot 6 + 0{,}23 \cdot 11 = 12{,}42.$$

Время на маневровую работу, выполняемую маневровым локомотивом, рассчитываем в минутах по формуле

$$T_{сб(выв)} = 5{,}95 + 0{,}46\, n_{отц} + 0{,}18\, n_{приц} = 5{,}95 + 0{,}46 \cdot 6 + 0{,}18 \cdot 11 = 10{,}69.$$

Вывод. При выполнении маневровой работы маневровым локомотивом время работы со сборным поездом сокращается на 1,73 мин.

В том случае, когда технология выполнения маневровых операций со сборными и вывозными поездами отличается от типовой, технологическое время на выполнение маневровых операций по прицепке / отцепке вагонов определяется суммированием норм времени последовательно выполняемых операций, включаемых в технологическую карту.

Таблица 2.6

Формулы для расчета времени выполнения маневровой работы на промежуточной станции

Отцепка вагонов	Прицепка вагонов	Отцепка и прицепка вагонов
1. Маневры выполняются поездным локомотивом в головной части состава		
$T_{сб(выв)} = 4,67 + 0,19\, n_{отц}$	$T_{сб(выв)} = 3,97 + 0,22\, n_{приц}$	$T_{сб(выв)} = 8,15 + 0,29\, n_{отц} + 0,23\, n_{приц}$
2. Маневры выполняются поездным локомотивом в хвостовой части состава		
$T_{сб(выв)} = 11,76 + 0,61\, n_{отц}$	$T_{сб(выв)} = 11,52 + 0,37\, n_{приц}$	$T_{сб(выв)} = 15,53 + 0,46\, n_{отц} + 0,49\, n_{приц}$
3. Маневры выполняются поездным локомотивом в середине состава		
$T_{сб(выв)} = 5,59 + 0,24\, n_{пер} + 0,2\, n_{отц}$	$T_{сб(выв)} = 5,05 + 0,24\, n_{пер} + 0,21\, n_{отц}$	$T_{сб(выв)} = 10,15 + 0,33\, n_{пер} +$ $+0,29\, n_{отц} + 0,21\, n_{приц}$
4. Маневры выполняются маневровым локомотивом в хвостовой части состава		
$T_{сб(выв)} = 3,75 + 0,46\, n_{отц}$	$T_{сб(выв)} = 2,05 + 0,06\, n_{приц}$	$T_{сб(выв)} = 5,95 + 0,46\, n_{отц} + 0,18\, n_{приц}$

Примечания

- $n_{отц}$ – среднее количество вагонов, отцепляемых от сборного (вывозного) поезда.
- $n_{приц}$ – среднее количество вагонов, прицепляемых к сборному (вывозному) поезду.
- $n_{пер}$ – среднее количество переставляемых вагонов.
- 4,67; 0,19 (11,76; 0,61) – нормативные коэффициенты в минутах на выполнение операций по отцепке вагонов соответственно в головной части (в хвостовой) состава поездным локомотивом.
- 3,97 и 0,22 (11,52; 0,37) – нормативные коэффициенты в минутах на выполнение операций по прицепке вагонов соответственно в головной части состава (в хвостовой) поездным локомотивом.
- 8,15; 0,29; 0,23 (15,53; 0,46; 0,49) – нормативные коэффициенты в минутах на выполнение операций по отцепке и прицепке вагонов в головной части состава (в хвостовой) поездным локомотивом.
- 3,75; 0,46 (2,05; 0,06) – нормативные коэффициенты в минутах на выполнение операций соответственно по отцепке вагонов (по прицепке) маневровым локомотивом.
- 5,95; 0,46; 0,18 – нормативные коэффициенты в минутах на выполнение операций по отцепке и прицепке вагонов маневровым локомотивом.

После расчета времени на выполнение маневровой работы составляем технологический график работы сборного поезда [12], приведенный на рис. 2.10.

При разработке технологического графика в обязательном порядке учитываются такие операции, как:

1) закрепление вагонов на пути перед отцепкой локомотива;
2) уборка тормозных башмаков после прицепки поездного локомотива;
3) приготовление маршрута следования маневровому составу;
4) проверка наличия препятствий на пути при расстановке вагонов
5) и др.

№ п/п	Операции	Время на операцию, мин	Время, мин (10 20 30 40)	Исполнитель
1	Передача сообщения о прибытии поезда (201)	3		Оператор ДСП
2	Прием документов у машиниста на отцепляемую группу вагонов	3		Приемосдатчик, ДСП
3	Выполнение маневровой работы по отцепке и прицепке вагонов. Закрепление вагонов на пути	Расчет		Составитель поездов, ДСД, ДСП
4	Передача сообщения об изменении состава поезда (с.09)	3		Приемосдатчик, ДСП
5	Подготовка документов на прицепляемую группу вагонов. Оформление Натурного листа. Конвертование документов	8		Приемосдатчик, ДСП
6	Передача документов машинисту	3		ДСП
7	Опробование автотормозов. Оформление справки ВУ-45	Расчет		Локомотивная бригада, ДСД, осмотрщик вагонов
Общая продолжительность обработки сборного поезда				

Рис. 2.10. Технологический график обработки сборного поезда на промежуточной станции

2.7. Разработка плана-графика местной работы

В соответствии с произведенными ранее расчетами на рассматриваемом участке железной дороги строится план-график местной работы.

План-график выполняется на листе формата А3. Форма плана-графика приведена на рис. 2.11.

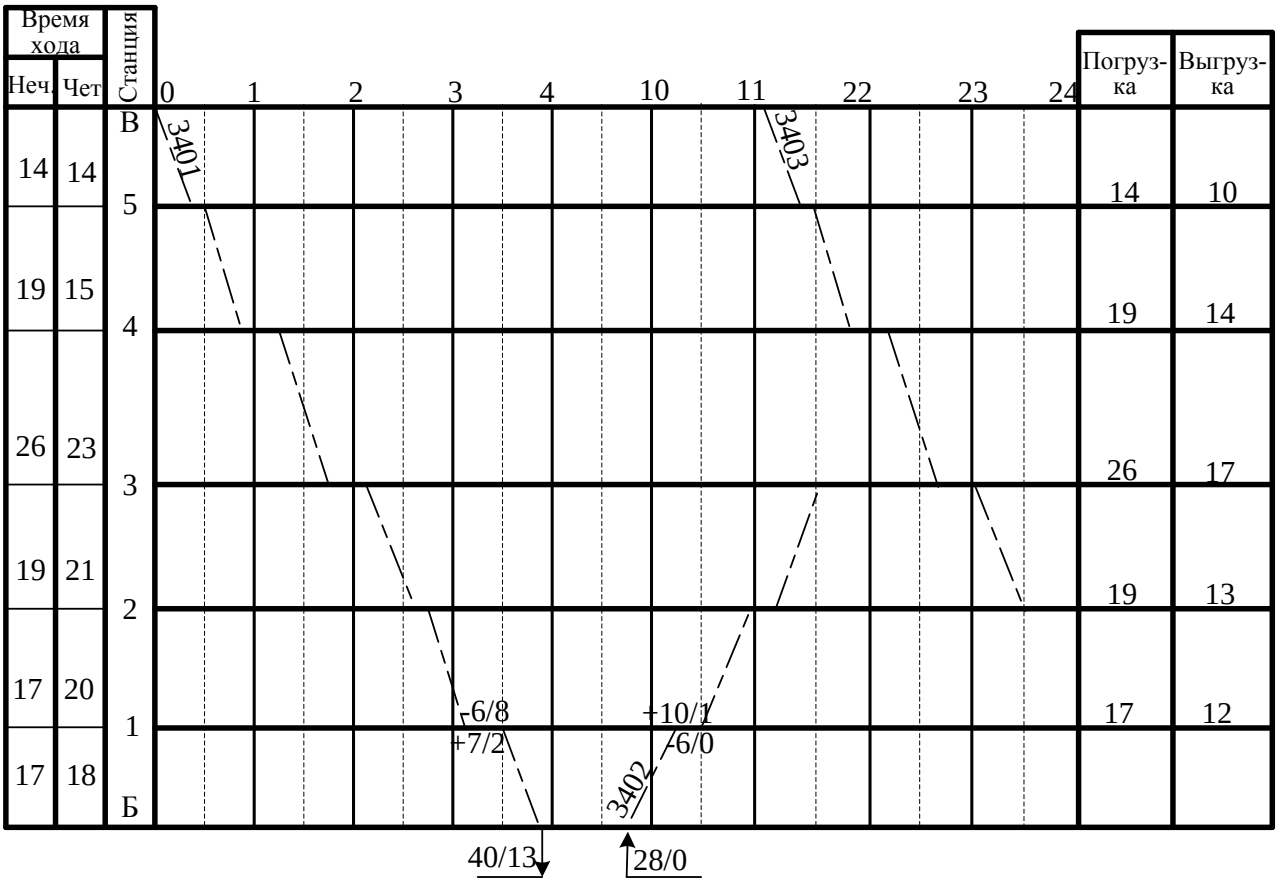


Рис. 2.11. Фрагмент плана-графика местной работы

На плане-графике фиксируется количество вагонов, отправляемых в составе сборного поезда с технических станций, а также поступающих с участка. На каждой промежуточной станции, где выполняется работа со сборным поездом, указывается отцепка (–) и прицепка (+) вагонов. В числителе указывается число груженых вагонов, в знаменателе – порожних.

Таким образом, по каждой станции сумма отцепляемых вагонов равна сумме прицепляемых (с учетом порожних вагонов).

2.8. Расчет показателей местной работы

По данным плана-графика местной работы для каждой промежуточной станции и в целом по участку определяются показатели местной работы:

1) вагоно-часы простоя местных вагонов ($\Sigma nt_{общ}$);
2) количество местных вагонов ($U_м$);
3) количество грузовых операций ($U_п + U_в$);
4) простой местного вагона ($t_м$);
5) простой местного вагона, отнесенный на одну грузовую операцию ($t_{гр.оп}$).

Расчет показателей выполняется с использованием табл. 2.7.

Таблица 2.7

Показатели местной работы

Станция	№ поезда, от которого отцепляются вагоны	Время прибытия поезда, час, мин.	Число отцепленных вагонов	№ поезда, к которому прицепляются вагоны	Время отправления поезда, час, мин.	Число прицепленных вагонов	Время простоя группы вагонов, час	Вагоно-часы простоя вагонов	Количество грузовых операций	Коэффициент сдвоенных операций	Средний простой местного вагона	Средний простой местного вагона, отнесенный на одну грузовую операцию
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	3401	3-05	6/8	3402	10-30	10/1	7,42	81,6				
				3401	3-30	1/2	24,42	73,3				
	3402	10-15	6/0	3401	3-30	6/0	17,8	106,8				
			12/8			**17/3**		**261,8**	**29**	**1,45**	**13,09**	**9,03**

Средний простой местного вагона по каждой промежуточной станции и в целом по участку определяется, ч, по формуле

$$t_м = \frac{\Sigma n\, t_м}{U_м}, \qquad (2.15)$$

где $\Sigma n\, t_м$ – общие вагоно-часы простоя местных вагонов по станции (по участку).

$U_м$ – количество местных вагонов рассчитывают по формуле

$$U_м = U_в + U_{пор}^{п.погр} = U_п + U_{пор}^{выгр}, \qquad (2.16)$$

где $U_в$, $U_п$ – количество выгруженных и погруженных вагонов; $U_{пор}^{п.погр}$, $U_{пор}^{выгр}$ – число порожних вагонов прибывших под погрузку и отправленных со станции после выгрузки соответственно.

Коэффициент сдвоенных операций определяется по формуле

$$K_{сдв} = \frac{U_п + U_в}{U_м}. \qquad (2.17)$$

Средний простой местного вагона, отнесенный на одну грузовую операцию, определяется, ч, по формуле

$$t_{гр.оп} = \frac{\Sigma n\, t_м}{U_п + U_в}, \qquad (2.18)$$

или

$$t_{гр.оп} = \frac{t_м}{K_{сдв}}. \qquad (2.19)$$

План-график местной работы разрабатывается, как минимум, в двух вариантах организации развоза местных вагонов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Какие факторы оказывают влияние на организацию продвижения местных вагонопотоков?
2. Что включает в себя местная работа железной дороги?
3. Какими поездами осуществляется развоз и передача местного груза на железной дороге?
4. В какой последовательности рассматривается организация местной работы на участках железной дороги?
5. Какие станции выступают в качестве пунктов зарождения груженых и порожних вагонопотоков?
6. По каким критериям выполняется расчет числа поездов, обслуживающих местную работу? Приведите формулы.
7. От чего зависит способ обслуживания промежуточных станций участка?
8. Какое влияние оказывает участковый вагонопоток на сборные поезда?
9. От чего зависит продолжительность выполнения маневровой работы со сборным поездом на промежуточной станции?
10. Каким образом выполняется расчет времени на выполнение маневровых операций по прицепке/отцепке вагонов, когда технология выполнения маневровых операций со сборными и вывозными поездами отличается от типовой?
11. Какие показатели местной работы определяются по данным плана-графика местной работы? Приведите формулы.

3. РАЗРАБОТКА ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ

Основой организации движения поездов является график движения, который объединяет деятельность всех подразделений и который представляет собой план эксплуатационной работы железных дорог. **График движения поездов – это непреложный закон для работников железнодорожного транспорта, выполнение которого является одним из важнейших качественных показателей работы железных дорог** [1].

График движения поездов (ГДП) – основополагающий технологический документ длительного действия, регламентирующий организацию эксплуатационной работы во всех звеньях и уровнях управления на железнодорожном транспорте.

Соблюдение графика движения поездов и предупреждение его нарушений должно быть главным для всех работников, связанных с организацией движения поездов.

Движение поездов по графику обеспечивается правильной организацией и выполнением технологического процесса работы станций, депо, тяговых подстанций, пунктов технического обслуживания и других подразделений железных дорог, связанных с движением поездов.

Нарушение графика движения поездов не допускается.

График движения поездов должен обеспечивать [1]:

- удовлетворение потребностей в перевозках пассажиров и грузов;
- безопасность движения поездов;
- наиболее эффективное использование пропускной и провозной способности участков и перерабатывающей способности станций;
- рациональное использование подвижного состава;
- соблюдение установленной продолжительности непрерывной работы локомотивных бригад;
- возможность производства работ по текущему содержанию и ремонту пути, сооружений, устройств СЦБ, связи и электроснабжения.

График движения поездов составляется одновременно для всей сети железных дорог на летний период и корректируется на зимний период.

График движения поездов увязывается с планом формирования поездов, которым определяются размеры движения и специализации ниток грузовых поездов, размеры передачи поездов по междудорожным стыковым пунктам. В ГДП выделяются специальные расписания для пропуска поездов повышенной массы и длины, маршрутов из порожних вагонов, поездов с контейнерами, скоропортящимися грузами и др.

Для того, чтобы было обеспечено полное и рациональное использование технических средств станций и подвижного состава, график движения поездов должен быть увязан с технологией работы станций (сортировочных, участковых, грузовых, пассажирских). Должны учитываться перспективные технологии организации движения поездов, выполнение показателей работы железных дорог, класс и специализация железнодорожной линии.

Расчет рекомендуется выполнять по схеме, представленной на рис. 3.1.

Рис. 3.1. Последовательность выполнения расчетов при разработке графика движения поездов

3.1. Расчет элементов графика движения поездов

К основным элементам графика относятся:

- перегонные времена хода, время на разгон, время на замедление;
- станционные интервалы – расчетные интервалы времени между поездами при приеме, отправлении и проследовании их через раздельные пункты;
- межпоездные интервалы – расчетные интервалы между поездами на участках (перегонах);

• продолжительность стоянки поездов на сортировочных, участковых, и промежуточных станциях для выполнения технических или технологических операций.

Кроме того, *дополнительно при разработке ГДП используются следующие технологические нормативы:*

• нормы пробега поездов между техническими осмотрами составов (гарантийные вагонные плечи);

• нормы времени следования поездов без смены локомотивов (плечи обслуживания локомотивов);

• нормы времени следования поездов без смены локомотивных бригад (участки обращения локомотивных бригад);

• нормы времени нахождения локомотивов на станциях оборотного и основного депо;

• технологические нормы времени на обработку поездов в парках сортировочных, участковых, грузовых и пассажирских станций.

Все элементы ГДП нормируются для различных условий эксплуатации.

3.1.1. Перегонные времена хода

Перегонное время хода поезда – время в минутах, затрачиваемое поездом на прохождение расстояния между осями соседних раздельных пунктов или осями их приемо-отправочных парков, если они не совпадают с осью станции.

Перегонное время хода поезда является основным элементом графика и рассчитывается на железных дорогах после утверждения допускаемых скоростей движения поездов по состоянию пути и локомотивного парка, весовых норм.

Перегонное время хода поездов рассчитывают на основании Правил тяговых расчетов [13]. Время хода поездов определяют по данным тяговых расчетов с точностью до 0,1 мин.

В ГДП принимается следующая точность расчетов [3, 4]:

• при скорости движения пассажирских поездов до 140 км/ч – до 1 мин (до 0,1 мин включительно – отбрасывается, более 0,2 мин – принимается как целая минута);

• при скорости движения пассажирских поездов – 141 км/ч и выше, а для пригородных – до 0,5 мин (до 0,1 мин включительно – отбрасывается; 0,2–0,6 включительно – принимается как 0,5 мин, более 0,6 мин – принимается как целая минута).

Одновременно с перегонным временем хода определяются время на разгон и замедление поезда, потери времени от действия постоянных и длительных предупреждений о снижении скорости.

Округление времени хода грузовых поездов и времени на разгон и замедление поездов всегда осуществляется в бóльшую сторону.

Результаты расчета оформляются в специальной ведомости, которая содержит:

- для каких поездов ведется расчет (грузовые, ускоренные, пассажирские);
- направление следования (четное, нечетное);
- серию локомотива;
- установленную весовую норму поездов (туда и обратно);
- сумму перегонных времен хода на 1 пару поездов (в числителе – расчет, в знаменателе – принято);
- кто выполнил и проверил расчет времен хода;
- согласование с начальником службы перевозок и начальником локомотивной службы.

К ведомости прилагается вкладыш, который содержит:

вид поезда, серию локомотива, массу состава (неч./чет.), расстояние между раздельными пунктами, коды раздельных пунктов, чистое время хода поездов по перегону (по действующему графику; расчетное, принятое по новому графику) и время на разгон, на замедление, на предупреждения после «окна», допускаемые скорости (на станционных путях – на главных и на боковых, на перегонах).

3.1.2. Станционные и межпоездные интервалы

Станционные и межпоездные интервалы – это основные элементы графика движения поездов, которые требуется рассчитывать на железных дорогах после утверждения допустимых скоростей движения поездов по перегонам и станциям, размеров пассажирского и грузового движения, норм веса и длины поездов [4].

Станционный интервал – это минимальный промежуток времени для выполнения операций по приему, отправлению или пропуску поездов через раздельный пункт с путевым развитием (станция, разъезд, обгонный пункт).

Межпоездной интервал – это минимальное время в минутах, которым разграничивают смежные поезда попутного направления при следовании по перегонам на участках, оборудованных автоматической блокировкой.

И станционные, и межпоездные интервалы устанавливают с учетом следующих условий:

- обеспечение безопасности движения поездов;
- недопущение остановок поездов у входных сигналов раздельных пунктов;
- недопущение замедления хода поездов перед входным светофором;
- полное и рациональное использование имеющихся технических средств;
- применение прогрессивной технологии.

Станционные интервалы определяют отдельно для каждой граничащей с перегонами горловины и каждого примыкающего к ней участка.

Элементы станционных и межпоездных интервалов, рассчитываются по Правилам тяговых расчетов (ПТР) с точностью до 0,1 мин, остальные элементы – с точностью до 0,05 мин. Расчетные значения для ГДП округляются:

- при скорости движения пассажирских и грузовых поездов до 141 км/ч – до 1 мин;
- при скорости движения пассажирских поездов 141 км/ч и выше и для пригородных – до 0,5 мин.

Округление всегда осуществляется в бóльшую сторону.

В случае, если величина станционного интервала зависит от скоростей движения поездов, их определяют для всех заданных сочетаний пассажирских и грузовых поездов, имеющих различные скорости движения (грузовой + грузовой, грузовой + пассажирский, пассажирский + пассажирский и т.д.).

Последовательность и максимально возможная параллельность выполнения операций по приему, отправлению, пропуску поездов, а также нормы времени на выполнение каждой операции определяют в соответствии с ПТЭ, инструкциями и правилами ОАО «РЖД», ТРА станции, технологическими процессами [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. При расчете учитывается возможность использования изолированных стрелочных секций в одном маршруте для передвижения по другому маршруту.

На величину интервалов влияют:

– техническое оснащение прилегающих участков (число главных путей, средств сигнализации и связи при движении поездов);
– план и профиль подходов;
– серии поездных локомотивов (в грузовом и пассажирском движении);
– категории поезда, его масса, длина и скорость движения;
– допустимые скорости движения поездов;

– способ управления стрелками и сигналами (МРЦ, ЭЦ, механическая централизация, ручное обслуживание стрелок с ключевой зависимостью и др.);

– тип стрелочных переводов;

– взаимное расположение путей, парков, размещение сигналов, стрелочных постов, служебного помещения ДСП;

– длина станционных путей;

– порядок пропуска поездов через раздельный пункт (с остановкой или безостановочно);

– установленный порядок выдачи машинисту локомотива разрешения на право занятия перегона.

При прокладке на ГДП «ниток» для длинносоставных поездов (при длине состава, превышающей полезную длину приемо-отправочных путей раздельных пунктов) станционные интервалы необходимо увеличивать на время, достаточное для освобождения рассматриваемого перегона (горловины раздельного пункта) хвостовой частью длинносоставного поезда после прохода серединной части состава оси станции (оси приемоотправочного парка).

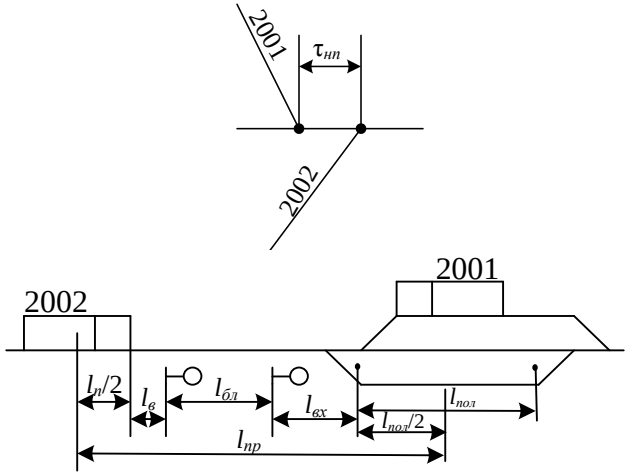
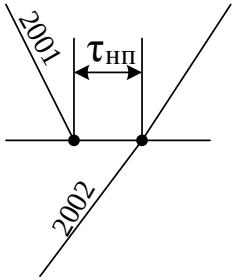
В зависимости от типа графика движения поездов (однопутный или двухпутный, параллельный или непараллельный, оборудован или не оборудован автоблокировкой) рассчитывают станционные и межпоездные интервалы, представленные в табл. 3.1, где все расчеты приведены только для грузовых поездов и промежуточных станций поперечного типа. Нормы времени на отдельные операции приведены в прил. 3.

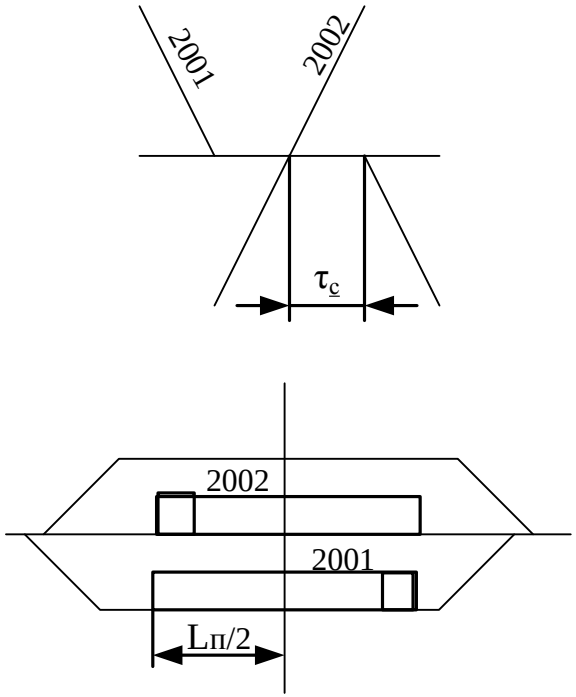
В случае, если разрешен одновременный прием поезда с остановкой и пропуск без остановки встречного поезда, эти поезда принимают таким образом, чтобы после прибытия первого поезда встречный подходил к входному сигналу не раньше момента появления на нем показания, разрешающего сквозной пропуск через раздельный пункт. Поэтому при определении интервала $\tau_{нп}$ по приведенному графику в расчете $L_{пр}$ не учитывают длину блок-участка $l_{бл}$ или длину тормозного пути в случае отсутствия перед входным предупредительного сигнала.

Если расстояние между входным и выходным сигналами меньше длины тормозного пути, то интервал $\tau_{нп}$ определяют по графику при $L_{пр}$ с учетом длины блок-участка.

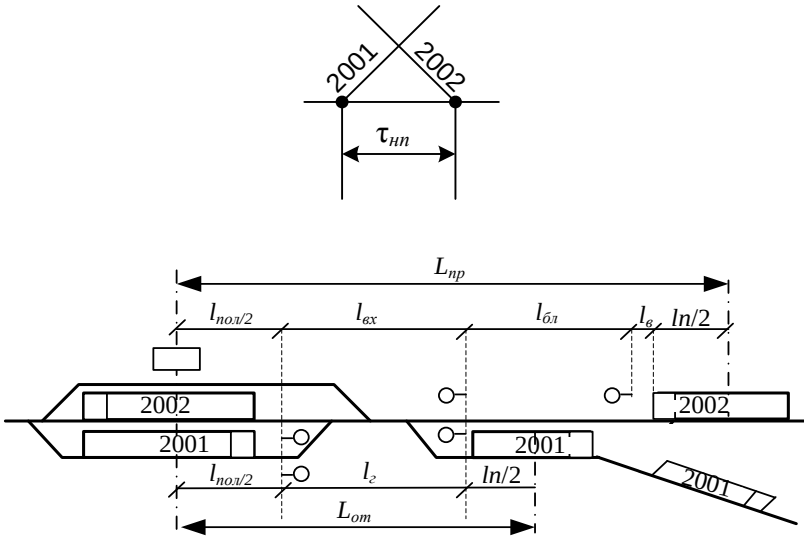
Таблица 3.1

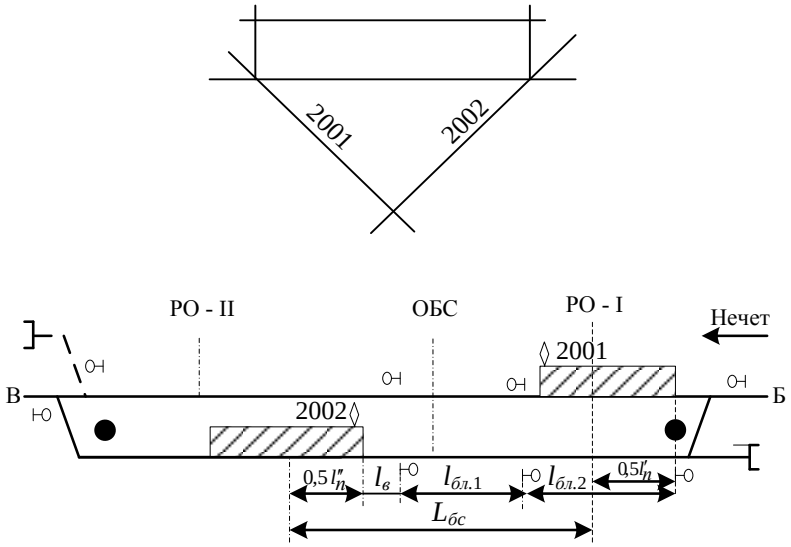
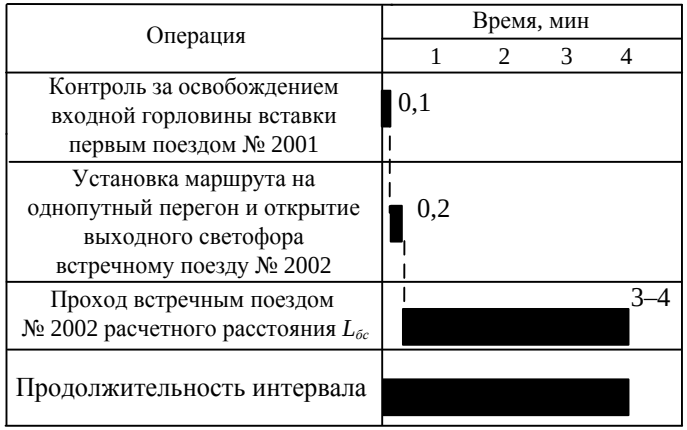
Станционные и межпоездные интервалы

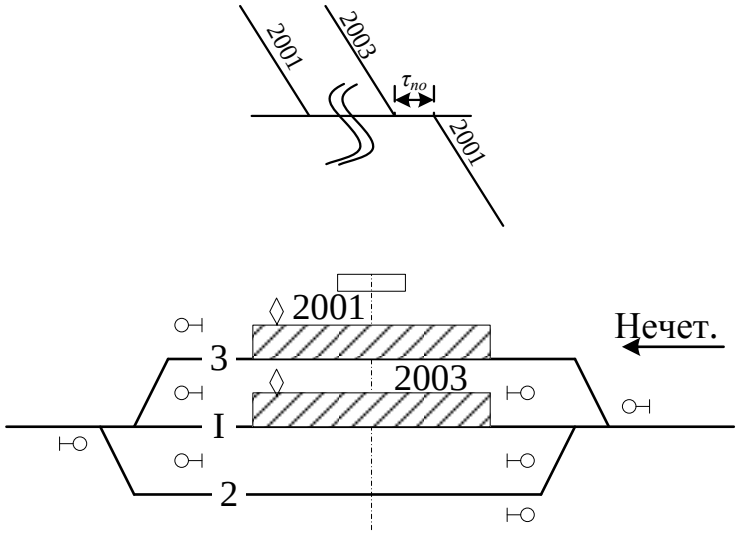
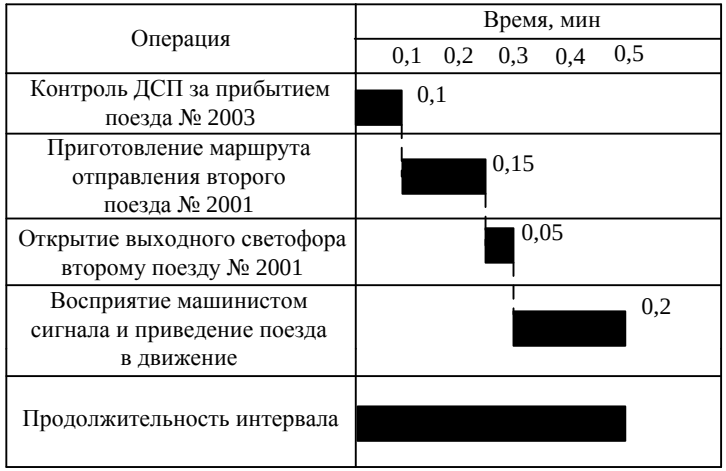
Определение	Рисунок	Расчет
Станционные интервалы для встречных поездов		
Интервал неодновременного прибытия		
С остановкой обоих встречных поездов – минимальное время от момента прибытия на раздельный пункт грузового или пассажирского поезда до момента прибытия на этот раздельный пункт встречного грузового поезда либо пассажирского поезда		$L_{пр} = \frac{1}{2} l_п + l_в + l_{бл} + l_{вх} + 0,5\, l_{поп}$
С остановкой одного и проследования встречного поезда без остановки – минимальное время от момента прибытия на станцию поезда с остановкой до момента проследования встречного поезда без остановки		$L_{расч} = \frac{l_п}{2} + l_{вх} + l_{бл} + l_в + \frac{l_{пол}}{2}$

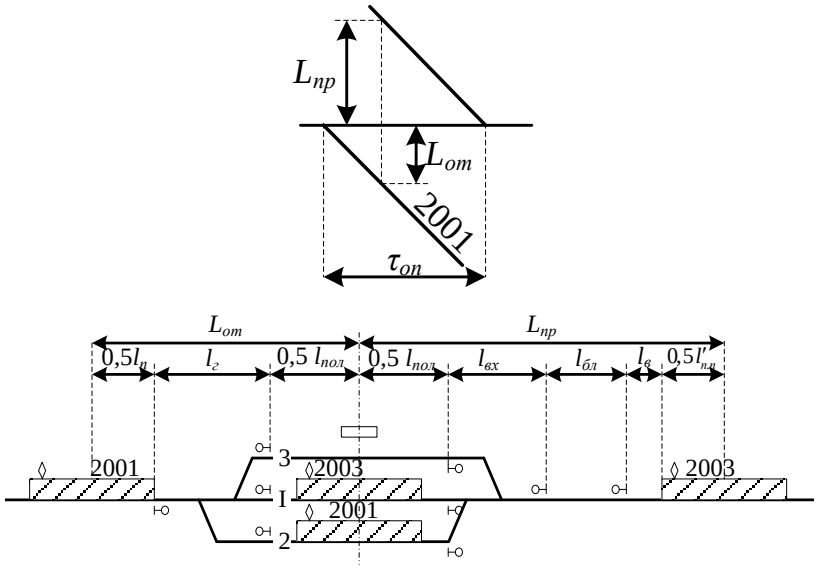
Определение	Рисунок	Расчет
Интервал скрещения		
Минимальный промежуток времени от момента прибытия либо проследования раздельного пункта грузовым или пассажирским поездом до момента отправления на тот же перегон встречного грузового или пассажирского поезда.		Интервал τ_c включает время выполнения технологических операций по контролю прибытия первого поезда в расчетной паре поездов, время приготовления маршрута отправления поезда встречного направления и открытия выходного сигнала и время на восприятие сигнала машинистом и приведение им поезда в движение Операция: Контроль прибытия или проследования поезда № 2002 — 0,1; Приготовление маршрута отправления поезду № 2001 — 0,15; Открытие выходного и сигнала поезду № 2001 — 0,05; Восприятие сигнала машинистом и приведение поезда в движение — 0,2; Продолжительность интервала — 0,5 (шкала 1 2 3 4)

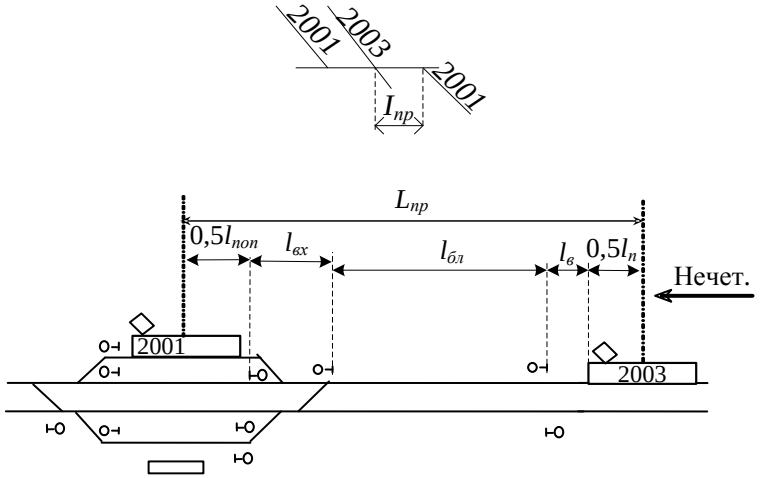
Продолжение табл. 3.1

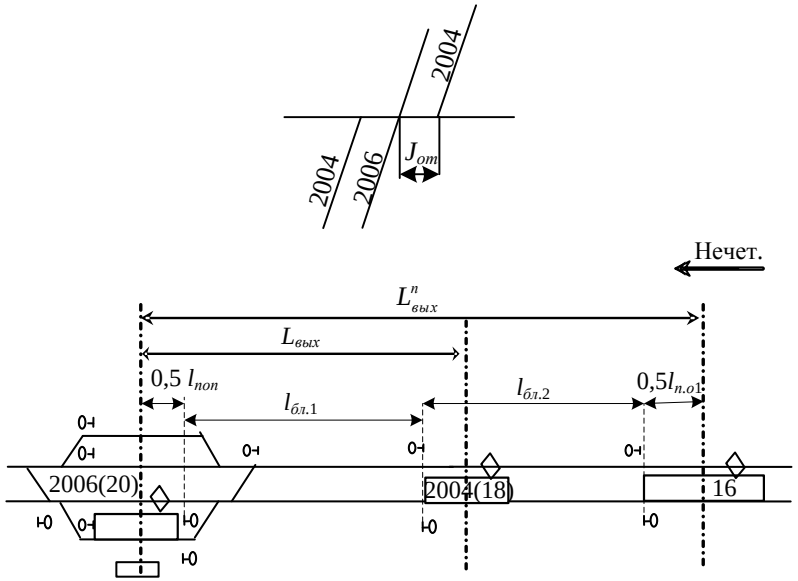
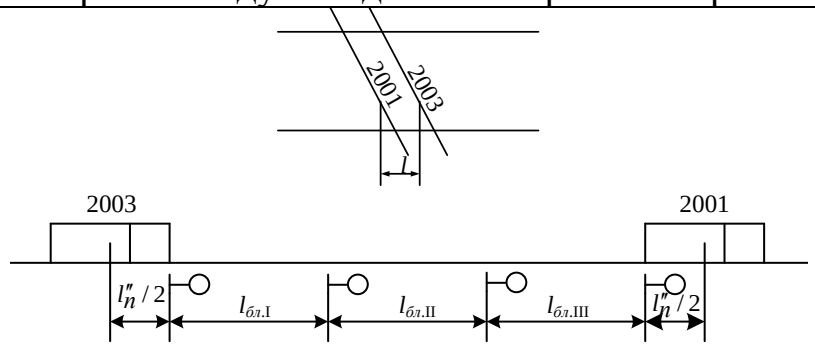
Определение	Рисунок	Расчет
Интервал неодновременного отправления и встречного прибытия при враждебных маршрутах		
Минимальный промежуток времени от момента отправления с раздельного пункта (проследования) грузового либо пассажирского поезда на одну линию (или одного направления движения) до момента прибытия на этот же раздельный пункт (проследования) грузового либо пассажирского поезда с другой линии (или встречного направления), маршруты следования которых пересекаются		$L_{пр} = \frac{1}{2} l_п + l_в + l_{бл} + l_{вх} + 0,5\, l_{поп}$ $L_{от} = 0,5\, l_{пол} + l_г + 0,5\, l_п$

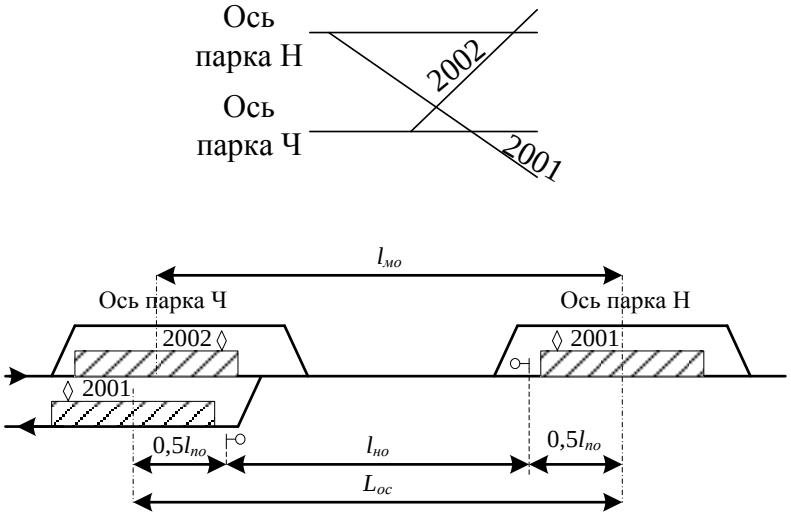
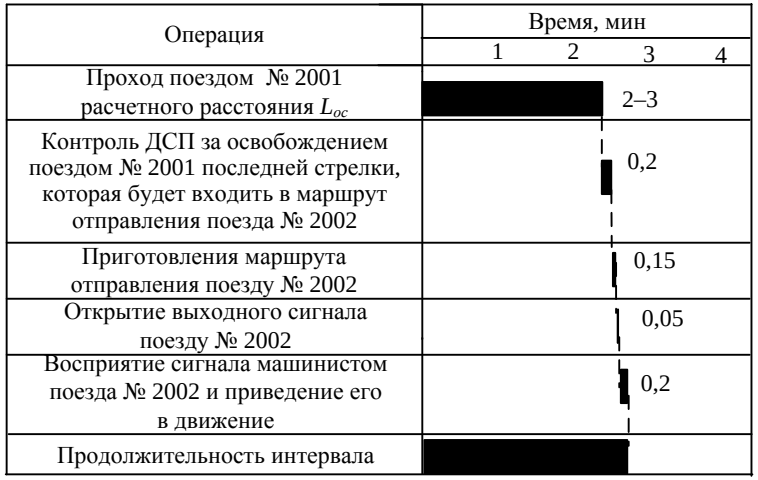
Определение	Рисунок	Расчет
Интервал безостановочного скрещения поездов на двухпутной вставке		
Минимальный промежуток времени от момента проследования ближней расчетной оси двухпутной вставки первым поездом, прибывшим с однопутного перегона, до момента проследования той же оси встречным поездом, отправляющимся на однопутный перегон		$L_{бс} = 0{,}5\,l''_п + l_в + l_{бл.1} + l_{бл.2} - 0{,}5\,l'_п,$ 

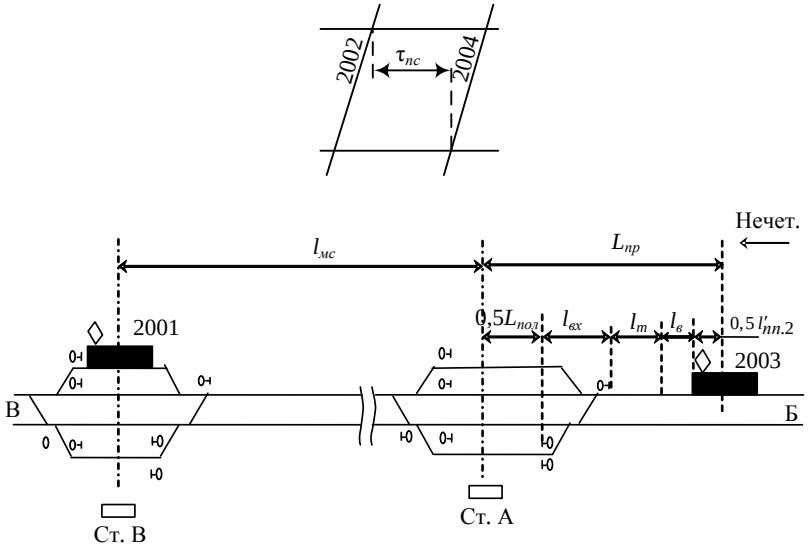
Определение	Рисунок	Расчет
Станционные интервалы для попутных поездов		
Интервал неодновременного прибытия и попутного отправления		
Минимальный промежуток времени от момента прибытия на раздельный пункт грузового или пассажирского поезда до момента отправления с него грузового или пассажирского поезда, следующего в том же направлении движения		

Определение	Рисунок	Расчет
Интервал неодновременного отправления и попутного прибытия		
Минимальный промежуток времени между отправлением одного поезда с раздельного пункта и прибытием на этот же раздельный пункт другого поезда того же направления движения		$L_{от} = 0{,}5\,l_{пол} + l_г + 0{,}5\,l_п$ $L_{пр} = \frac{1}{2}\,l_п + l_в + l_{бл} + l_{вх} + 0{,}5\,l_{поп}$

Определение	Рисунок	Расчет
Интервалы попутного прибытия, отправления, проследования поездов		
Интервал попутного прибытия поездов при автоматической блокировке		
Минимальное время от момента прибытия на раздельный пункт (проследования через раздельный пункт) одного поезда до момента прибытия на этот же раздельный пункт (проследования через раздельный пункт) другого поезда того же направления движения		$L_{пр} = \frac{1}{2} l_п + l_в + l_{бл} + l_{вх} + 0{,}5\, l_{поп}$

Определение	Рисунок	Расчет
Интервал попутного отправления поездов при автоматической блокировке		
Минимальное время от момента отправления с раздельного пункта (проследования через раздельный пункт) одного поезда до момента отправления (проследования через раздельный пункт) другого поезда того же направления движения		$L_{вых} = 0{,}5\ l_{пол} + l_{бл.1} + 0{,}5\ l_{п.о1}$ $L^{n}_{вых} = 0{,}5\ l_{пол} + l_{бл.1} + l_{бл.2} + 0{,}5\ l_{п.о1}$
Интервал между поездами на перегонах при автоматической блокировке		
Минимальный промежуток времени, которым разграничивают поезда при следовании их по перегонам таким образом, чтобы поезд, идущий вторым в расчетной паре, не снижал скорость движения из-за несвоевременного освобождения блок-участков поездом, идущим впереди		$L_{р.з} = 0{,}5\ l''_n + l_{бл.I} + l_{бл.II} + l_{бл.III} + 0{,}5\ l'_n$

Определение	Рисунок	Расчет
Интервал поездов противоположных направлений		
Интервал неодновременного отправления поездов противоположных направлений		
Минимальный промежуток времени от момента отправления первого грузового либо пассажирского поезда до момента отправления второго грузового либо пассажирского поезда противоположного направления при враждебности их маршрутов отправления		$L_{ос} = 0{,}5\ l_{пол} + l_{но} + 0{,}5\ l_{п.о}$  Операция: Проход поездом № 2001 расчетного расстояния $L_{ос}$ — 2–3 Контроль ДСП за освобождением поездом № 2001 последней стрелки, которая будет входить в маршрут отправления поезда № 2002 — 0,2 Приготовления маршрута отправления поезду № 2002 — 0,15 Открытие выходного сигнала поезду № 2002 — 0,05 Восприятие сигнала машинистом поезда № 2002 и приведение его в движение — 0,2 Продолжительность интервала Время, мин: 1 2 3 4

Определение	Рисунок	Расчет
Интервал попутного следования на линиях, не оборудованных автоматической блокировкой		
Минимальный промежуток времени от момента прибытия на впередилежащий раздельный пункт первого поезда до момента отправления с данного раздельного пункта на освободившийся перегон второго поезда того же направления движения		$t^{A}_{пв} = t^{A}_{пг} = t'_{мс.1} + \tau_п$

Операция	Время, мин (0,2 0,4 0,6 0,8 1)
Контроль ДСП ст.В за проследованием (прибытием) поезда № 2001	0,2(0,1)
Подача блок-сигнала проследования (прибытия) поезда № 2001	0,1
Переговоры о движении поездов между ДСП станции А и В	0,2
Получение ДСП ст. А блок- сигнала согласия	0,1
Приготовление на ст. А маршрута отправления поезда № 2003	0,15
Открытие выходного светофора поезду № 2003	0,05
Восприятие сигнала машинистом и приведение поезда № 2003 в движение	0,2
Продолжительность интервала	

Окончание табл. 3.1

Примечания – $l_п$ – длина встречного поезда, м; $l_в$ – расстояние, проходимое встречным поездом за время восприятия машинистом показания сигнала с момента его открытия, м; $l_{бл}$ – длина блок-участка, м; $l_{вх}$ – расстояние от входного сигнала или ближайшего к рассматриваемой горловине маршрутного до предельного столбика, расположенного при входе на путь приема, либо до изолирующего стыка, м; $l_{пол}$ – полезная длина приемо-отправочного пути, м; $l_г$ – расстояние от выходного сигнала до последней выходной стрелки в маршруте отправления или до изолирующего стыка, м; $l_{вых}$ – расстояние, которое проходит поезд для освобождения горловины, м; $l_{но}$ – расстояние от выходного сигнала парка первого отправляемого поезда до последней стрелки в маршруте его отправления, которую затем используют в маршруте отправления второго поезда противоположного направления, м; $l_{п.о}$ – длина первого отправляемого поезда, м; $l_{бл.1}$ – длина блок-участка между выходным и следующим за ним светофором, м; $l_{п.о.1}$ – длина поезда, отправляемого первым, м; $l_{бл.2}$ – длина второго блок-участка (в последовательности занятия отправленным поездом), м; $l'_п$, $l''_п$ – длина соответственно первого и второго поездов расчетной пары, м; $l_{бл.\text{I}}$, $l_{бл.\text{II}}$, $l_{бл.\text{III}}$ – длина последовательных блок-участков в порядке их занятия вторым поездом расчетной пары, м; $t'_{мс.1}$ – время прохода первым поездом расстояния $l_{мс}$ между расчетными осями раздельных пунктов первого и второго; V_x – ходовая скорость, км/ч; $V_{пр}$ – скорость прохода по станционным путям, км/ч; $t_{откр}^{вх.с}$ – время на открытие входного сигнала, мин.

3.1.3. Стоянки поездов на раздельных пунктах

Стоянки поездов классифицируются в зависимости от причин, их вызвавших. Различают технические и технологические стоянки поездов.

К ***техническим*** относят стоянки для: выполнения технических операций; смены локомотива (в том числе при смене рода тока или вида тяги) и смены локомотивной бригады; технического осмотра состава; снабжения пассажирских составов водой и топливом, выгрузки мусора; стоянки под обгоном и скрещением.

К ***технологическим*** относят стоянки, обусловленные принятой технологией работы поезда на участке. В пассажирском движении – это стоянки для посадки-высадки пассажиров, погрузки-выгрузки багажа и почты, прицепки и отцепки беспересадочных вагонов. В грузовом движении это стоянки, связанные с принятой технологией работы сборных, вывозных и передаточных поездов (рассчитываются для каждой железнодорожной станции, которую они обслуживают).

Продолжительность стоянки поезда под обгоном и скрещением определяется расчетным путем на основе принятой схемы пропуска поездов через конкретные раздельные пункты.

Продолжительность стоянок пассажирских поездов на транзитных железнодорожных станциях на выполнение операций по посадке-высадке пассажиров, выгрузке/погрузке багажа определяется перевозчиком. При выполнении операций по экипировке пассажирских поездов силами перевозчика время на их выполнение устанавливается исполнителем и согласовывается с владельцем инфраструктуры.

Продолжительность стоянок транзитных грузовых поездов на железнодорожных станциях для выполнения операций в пути следования определяется технологическим процессом работы данной железнодорожной станции.

3.2. Определение типа графика движения поездов и расчет его периода

Перед расчетом пропускной способности участков рассматриваемого полигона необходимо определить тип графика движения поездов по следующим классификаторам [3, 5, 6, 7].

➢ ***по числу главных путей на перегоне:***

• однопутные – движение поездов осуществляется по одному пути в оба направления попеременно, а скрещение поездов встречных направлений и обгон, следующих в одном направлении, осуществляется на раздельных пунктах;

- однопутно-двухпутные (или однопутные с двухпутными вставками) – имеют однопутные и двухпутные перегоны, при этом на последних может осуществляться безостановочное скрещение поездов;
- двухпутные – поезда в каждом направлении следуют по своему пути, а обгон осуществляется на раздельных пунктах участка;
- многопутные – имеют три и более главных путей, из которых не менее двух специализированы для поездов четного и нечетного направлений;

➢ ***по соотношению скоростей движения поездов различных категорий:***

- параллельные – все поезда одного и того же направления имеют одинаковую скорость и следуют по участку без обгонов;
- непараллельные – поезда одного и того же направления имеют различную скорость и могут следовать по участку с обгонами;
- частично-параллельные – часть пассажирских поездов следует временем хода грузовых поездов, а остальные пассажирские поезда следуют в соответствии со своими расчетными временами хода;

➢ ***по очередности прокладки поездов на однопутных участках:***

- непакетные – пропуск четных и нечетных поездов по перегонам осуществляется поочередно в одном и другом направлениях;
- пакетные (при автоблокировке) – пропуск четных и нечетных поездов по перегонам осуществляется в пакетах (например, два поезда в одном направлении, затем два поезда во встречном направлении), при этом смежные поезда попутного направления следуют с разграничением межпоездным интервалом;
- пачечные (при полуавтоматической блокировке) – поезда прокладываются по аналогии с пакетным типом графика, но следующие в одном направлении поезда разграничиваются межстанционными перегонами (суммой времени хода по перегону и интервалом попутного следования);
- частично-пакетные – часть поездов в графике прокладывается непакетным способом, а другая часть – в пакетах;
- частично-пачечные – часть поездов в графике прокладывается непачечным (непакетным) способом, а другая часть – в пачках;

➢ ***по количеству поездов, следующих в четном и нечетном направлениях:***

- парные – размеры движения в четном и нечетном направлениях равны между собой;
- непарные – размеры движения в четном и нечетном направлениях различаются между собой.

Степень непарности графика характеризуется коэффициентом непарности:

$$\gamma_{неп} = \frac{N_{обр}}{N_{пр}}, \tag{3.1}$$

где $N_{обр}$ – число поездов обратного направления; $N_{пр}$ – число поездов преимущественного направления. Как правило, графики характеризуются некоторой степенью непарности;

➢ ***от времени занятия перегонов на участке парой поездов противоположного направления:***

- идентичные – время занятия перегонов поездом (на двухпутных линиях) или парой поездов (на однопутных линиях) одинаковое;
- неидентичные – время занятия перегонов поездом (на двухпутных линиях) или парой поездов (на однопутных линиях) различается.

Идентичность перегонов характеризуется коэффициентом неидентичности расположения перегонов, определяемым по формуле

$$j = \frac{T_{ср}}{T_{пер}}, \tag{3.2}$$

где $T_{пер}$ – период графика на ограничивающем перегоне, мин; $T_{ср}$ – средний период графика движения, мин, который определяется по формуле

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{K_n} T_i}{K_n}, \tag{3.3}$$

где T_i – период графика на i-м перегоне, мин; K_n – количество перегонов на участке.

Периодом графика $T_{пер}$ на однопутных участках называется время занятия перегона группой поездов, характерных для принятого типа графика. Период графика определяется на ограничивающем перегоне.

Существует четыре основных схемы пропуска поездов по ограничивающему перегону (рис. 3.2, схемы 1–4).

На двухпутном участке период определяется отдельно для каждого пути (для каждого направления движения).

Периодом графика на двухпутном участке, оборудованном автоблокировкой, является расчетный интервал между поездами в пакете ($T_{пер}^{неч} = I^{неч}, T_{пер}^{чет} = I^{чет}$), а на участках, не оборудованных автоблокировкой, период равен сумме времени хода поезда по перегону и станционного интервала попутного следования: $T_{пер}^{неч} = t_x^{неч} + \tau_n (+t_р)$ и $T_{пер}^{чет} = t_x^{чет} + \tau_n (+t_р)$.

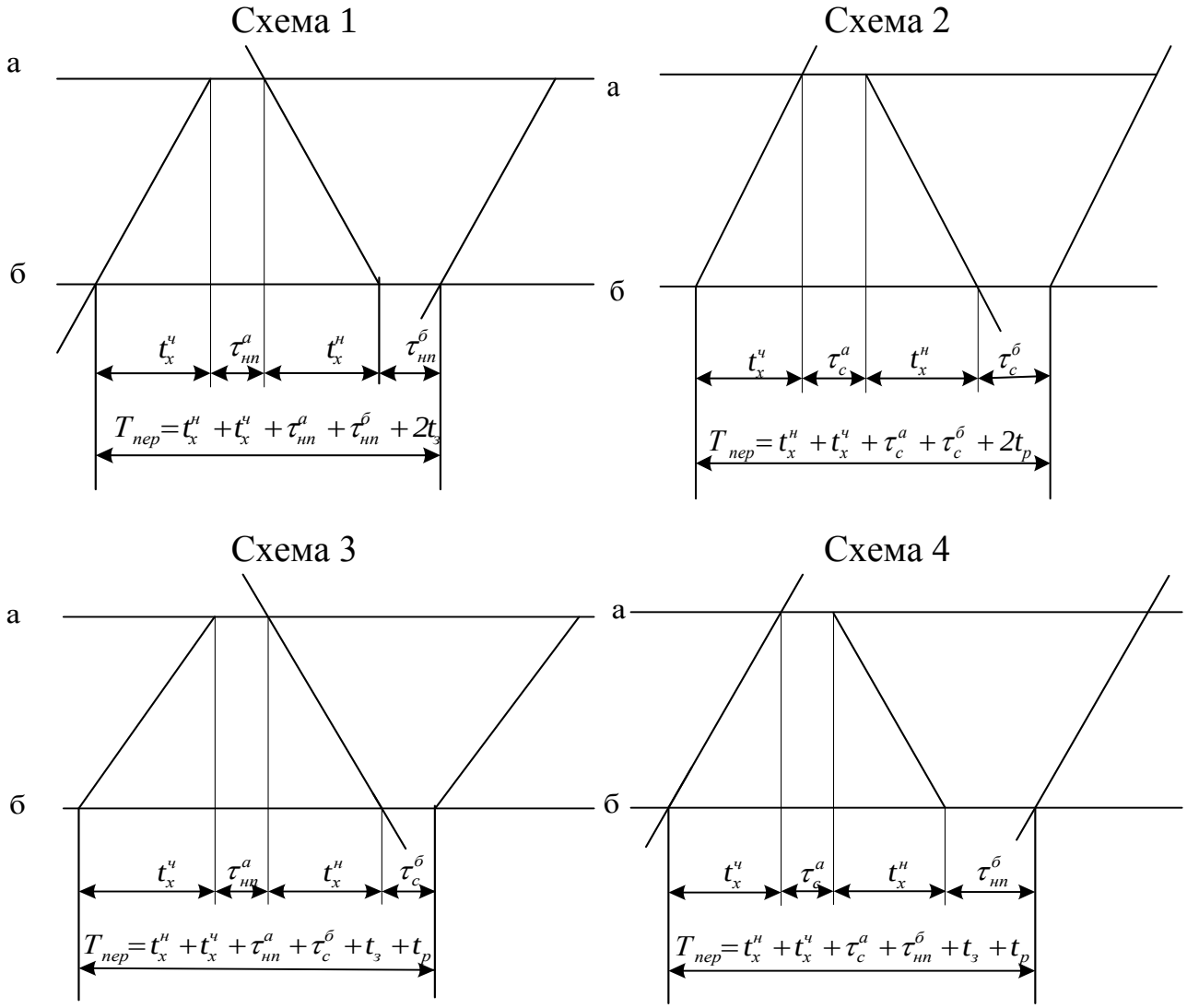


Рис. 3.2. Схемы прокладки грузовых поездов на ограничивающем перегоне: схема 1 – поезда следуют «сходу» на ограничивающий перегон; схема 2 – поезда следуют «сходу» с ограничивающего перегона; схема 3 – четные поезда следуют с остановкой на станциях, ограничивающих перегон, а нечетные – без остановки; схема 4 – нечетные поезда следуют с остановкой на станциях, ограничивающих перегон, а четные – без остановки

Более подробно расчет периода для различных типов графика движения поездов представлен в [3, 6, 7] (см. библиографический список).

Для отдельно взятого перегона установить более выгодную схему прокладки достаточно просто: рассчитайте периоды графика и выберите наименьший. Однако для участка этого не достаточно, потому что схема прокладки, выбранная для одного перегона, может быть не применима для соседних. Для этого необходимо проверить пропускную способность на перегонах, близких к максимальному по сумме времен хода четного и нечетного поездов.

Пропускную способность однопутного участка по перегонам для принятого типа графика рассчитывают в установленной последовательности.

Итак, для расчета периода графика на однопутной линии выбирается ограничивающий перегон. **Ограничивающий перегон** – это перегон с наибольшим периодом графика.

Порядок определения ограничивающего перегона:

1) определяется перегон с наибольшей суммой времён хода – максимальный перегон (перегон с наибольшей суммой времен хода четного и нечетного грузовых поездов);

2) на максимальном перегоне выбирается схема прокладки поездов, обеспечивающая наименьшую величину периода графика (см. рис. 3.2);

3) проложив выбранную схему на максимальном перегоне, строят график для остальных перегонов участка, чередуя проследование поездов через станции;

4) по полученной схеме графика на участке для каждого перегона определяют период графика. Перегон с максимальным значением периода графика, а следовательно, и с наименьшей пропускной способностью и будет являться ограничивающим.

Рассмотрим это на примере.

Пример 3.1. Требуется определить ограничивающий перегон участка В–Д. Интервал неодновременного прибытия на всех станциях участка $\tau_{нп} = 4$ мин, интервал скрещения $\tau_c = 1$ мин. Время на разгон $t_p = 1$ мин, время на замедление $t_з = 2$ мин. Время хода четных и нечетных поездов по перегонам участка В–Д приведено на рис. 3.3.

Решение

Строим схему пропуска поездов по всем перегонам участка В–Д.

Вывод. Как следует из схемы (рис. 3.3), определение периодов графика по всем перегонам участка В–Д показало, что ограничивающим перегоном будет являться перегон 20–21, хотя максимальное время хода поездов по перегону 21–22.

Номер перегона	$t_x^ч$	$t_x^н$	Период, мин
Д–26	12	13	12+13+4+1+1+2+2=35
25–26	11	12	11+12+1+1+1+1=27
24–25	12	13	12+13+4+4+2+2=37
23–24	13	14	13+14+1+1+1+1=31
22–23	13	14	13+14+4+4+2+2=39
21–22	19	20	19+20+1+1+1+1=43
20–21	18	19	18+19+4+4+2+2=49
19–20	13	14	13+14+1+1+1+1=31
18–19	14	15	14+15+4+4+2+2=41
17–18	16	17	16+17+1+1+1+1=37
17–В	18	19	18+19+4+1+1+2+2=47

Рис. 3.3. Схема пропуска поездов по всем перегонам участка

3.3. Расчет пропускной способности участков железных дорог

Пропускная способность железнодорожного участка – максимальные размеры движения в поездах (парах поездов), которые могут быть реализованы по данному участку за единицу времени (час, сутки) в зависимости от следующего: числа главных путей; средств связи по движению поездов; типа и мощности тяговых средств и способа организации движения поездов.

Различают наличную и потребную пропускные способности

Наличной пропускной способностью (НПС) ж.-д. участка по перегонам называется максимальное число грузовых поездов (пар поездов) с установленной массой и длиной, которое может быть пропущено по этому участку в единицу времени (сутки, час.) в зависимости от его технической оснащенности и принятого способа организации движения поездов.

Наличная пропускная способность участка по перегонам определяется при параллельном графике движения поездов с округлением полученного результата до ближайшего целого значения в меньшую сторону.

Для параллельного графика она определяется делением суточного бюджета времени, отведенного для движения поездов, на период графика [3]:

$$N_{нал} = \frac{\left(1440 - t_{техн}\right) \alpha_н \, k_{пер}}{T_{пер}}, \qquad (3.4)$$

где 1440 – суточный бюджет времени, мин; $\alpha_н$ – коэффициент надежности, учитывающий отказы в работе технических средств; $t_{техн}$ – продолжительность технологического «окна» для выполнения работ по текущему содержанию устройств пути, энергоснабжения, средств СЦБ и связи; $T_{пер}$ – период графика для принятого способа организации движения поездов; $k_{пер}$ – число поездов (пар поездов) в периоде графика.

При существующих средствах механизации и технологии ведения работ продолжительность технологического «окна» принимается в соответствии с [3]: для однопутных линий – 75 мин; для линий с двухпутными вставками – 90 мин; для двухпутных линий – 150 мин.

Величина коэффициента надежности инфраструктуры и подвижного состава $\alpha_н$ определяется в зависимости от вида тяги и числа главных путей на перегоне. Коэффициент надежности учитывает паспортную надежность технических средств инфраструктуры и возможные вероятные отказы в их работе в процессе эксплуатации.

Наряду с отказами в работе постоянных технических средств в процессе эксплуатации возникают отказы в работе подвижного состава. С учетом отказов подвижного состава в целом величина коэффициента надежности при расчете наличной пропускной способности составляет на электрифицированных однопутных линиях 0,93, а при тепловозной тяге – 0,92.

На двухпутных линиях величина коэффициента надежности принимается следующей: при электротяге – 0,96, а при тепловозной тяге – 0,95.

Потребной пропускной способностью железнодорожного участка называется число поездов (пар поездов) различных категорий, которое должно быть пропущено по этому участку за сутки, приведенное к грузовым поездам посредством коэффициентов съема, которое при параллельном графике определяется по формуле

$$N_{потр} = N_{гр}^{потр} + N_{ск} + N_{пасс} + N_{приг}, \qquad (3.5)$$

где $N_{гр}^{потр}$ – потребные размеры движения грузовых поездов, (пар поездов) принимаются на основании выполненных расчетов в примерах 1.7, 1.8 (см. разд. 1 настоящего учебного пособия); $N_{ск}$, $N_{пасс}$, $N_{приг}$ – размеры движения соответственно скорых, остальных пассажирских (дальних и местных) и пригородных поездов.

Потребные размеры движения грузовых поездов определяются по формуле

$$N_{гр}^{потр} = \frac{\Sigma Г_{гр}^{потр}\ K_н}{365\, Q_{бр}^{гр}\ \varphi_{гр}} + \frac{\Sigma Г_{уск}^{потр}\ K_н}{365\, Q_{бр}^{уск}\ \varphi_{уск}} + N_{сб}, \qquad (3.6)$$

где $\Sigma Г_{гр}^{потр}$, $\Sigma Г_{уск}^{потр}$ – потребная провозная способность, млн т в год, при перевозке грузов в грузовых и ускоренных грузовых поездах; $K_н$ – коэффициент неравномерности перевозок; $Q_{бр}^{гр}$, $Q_{бр}^{уск}$ – установленная масса поезда брутто для грузовых и ускоренных грузовых поездов, т; $\varphi = \frac{Q_{нетто}}{Q_{бр}}$ – соотношение массы нетто и массы брутто состава (соответственно для грузовых и ускоренных грузовых поездов).

При пропуске по участку пассажирских поездов различных категорий, число грузовых поездов при параллельном графике определяется по формуле

$$N_{гр} = \frac{\left(1440 - t_{техн}\right) \alpha_н\ k_{пер}}{T_{пер}} - N_{ск} - N_{пасс} - N_{приг},. \qquad (3.7)$$

На сети железных дорог Российской Федерации используется непараллельный график, т. е. для грузовых поездов, а также ускоренных грузовых, скорых, пассажирских и пригородных установлены различные скорости движения (см. рис. 3.4).

Потребная пропускная способность при непараллельном графике определяется по формуле

$$N_{потр} = N_{гр}^{потр} + \varepsilon_{ск}\ N_{ск} + \varepsilon_{пасс}\ N_{пасс} + \varepsilon_{приг}\ N_{приг} + \\ + \left(\varepsilon_{уск} - 1\right) N_{уск} + (\varepsilon_{сб} - 1)\ N_{сб}, \qquad (3.8)$$

где $\varepsilon_{ск}$, $\varepsilon_{пасс}$, $\varepsilon_{приг}$, $\varepsilon_{уск}$, $\varepsilon_{сб}$ – коэффициенты съема грузовых поездов соответственно скорыми, пассажирскими, пригородными, ускоренными грузовыми и сборными поездами.

Расчет коэффициентов съема для различных категорий поездов изложен в [3, 7] (см. Библиографический список).

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

$$N_{гр}^{нел} = N_{нал} - \varepsilon_{ск}\, N_{ск} - \varepsilon_{пасс}\, N_{пасс} -$$
$$-\varepsilon_{приг}\, N_{приг} - \left(\varepsilon_{уск} - 1\right) N_{уск} - (\varepsilon_{сб} - 1)\, N_{сб}, \qquad (3.9)$$

где $N_{нал}$ – наличная пропускная способность участка при параллельном графике движения поездов.

На однопутных участках с преимущественным грузовым движением величина коэффициентов съема для дальних и местных пассажирских, пригородных и ускоренных поездов, имеющих чистое время хода, меньше, чем у грузовых поездов, определяется для расчетного участка по следующим формулам:

а) при автоблокировке (диспетчерской централизации):

$$\varepsilon_{пас} = 1 + 0,6\,\alpha_n - \frac{20\, C_4^{ф}}{n_{пасс}}, \qquad (3.10)$$

но не менее 1,

где $C_4^{ф} = \dfrac{C_4}{\Sigma C}$ – доля четырехпутных станции на расчетном участке; C_4 – число четырехпутных станций; ΣC – всего промежуточных раздельных пунктов на расчетном участке; $n_{пасс}$ – общее число пассажирских, пригородных и ускоренных грузовых поездов;

б) при полуавтоматической блокировке, электрожезловой системе, телефонной связи:

$$\varepsilon_{пс} = \frac{t_{гр}\,(1+\Delta)}{T_{пер}} + 0,2, \qquad (3.11)$$

где $t_{гр}$ – время хода грузового поезда по расчетному участку, мин; $T_{пер}$ – период непакетного графика на ограничивающем перегоне, мин.

Для пассажирских (пригородных) поездов, имеющих чистое время хода по участку, равное или больше, чем грузовых ($\Delta \geq 1$), величина коэффициентов съема определяется по следующим формулам:

а) при автоблокировке (диспетчерской централизации):

$$\varepsilon_{пасс} = 0,4 + 0,6\,\Delta; \qquad (3.12)$$

б) при полуавтоматической блокировке, электрожезловой системе, телефонной (телеграфной) связи:

$$\varepsilon_{пасс} = 0,5 + 0,8\,\Delta, \qquad (3.13)$$

где Δ – среднее соотношение чистого времени хода пары пассажирских (пригородных) и ускоренных грузовых поездов к времени хода пары грузовых на расчетном участке.

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

а) при автоблокировке (диспетчерской централизации):

$$\varepsilon_{сб} = K_{сб}\,\gamma; \qquad (3.14)$$

б) при полуавтоматической блокировке, электрожезловой системе, телефонной связи:

$$\varepsilon_{сб} = K_{сб}, \qquad (3.15)$$

где $K_{сб}$ – число станций на участке, обслуживаемых сборным поездом; γ – коэффициент неидентичности расположения перегонов.

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

На линиях с двухпутными вставками, когда на всем участке организуются безостановочные скрещения поездов, величина коэффициентов съема определяется по следующим формулам:

а) для пассажирских (пригородных) и ускоренных грузовых поездов, имеющих бóльшую скорость хода по участку, чем у грузовых, в случаях, если имеется возможность одновременно производить скрещение и обгон грузовых поездов пассажирскими не только на станциях, но и на всех вставках:

$$\varepsilon_{пасс} = 1 + (1,5\Delta - 0,3)(1 - 0,03\,n_{пасс}); \qquad (3.16)$$

б) если двухпутные вставки не оборудованы двусторонней автоблокировкой и не имеют диспетчерских съездов, а между раздельными пунктами с путевым развитием имеются две и более таких вставок:

$$\varepsilon_{пасс} = 1 + \Delta - 0,008\,n_{пасс}; \qquad (3.17)$$

в) для сборных поездов:

$$\varepsilon_{сб} = \left(K_{сб} + 1\right)\left[0{,}3 - 0{,}05\, n_{пасс}\left(1 - \Delta\right)\right], \qquad (3.18)$$

но не менее 1.

Здесь в формулах (3.16)–(3.18); Δ – среднее соотношение чистого времени пары поездов, имеющих большую скорость, чем у грузовых, и времени хода пары грузовых поездов на расчетном участке; $n_{пасс}$ – число пар пассажирских (ускоренных) поездов, имеющих бóльшую скорость хода по участку, чем у грузовых.

На двухпутных линиях при количестве обращающихся пассажирских поездов до 15 пар, т. е., когда не применяется пакетная прокладка пассажирских поездов, расчет ведется по следующим формулам:

$$\varepsilon_{пасс} = \varepsilon_{о} + \varepsilon_{д} = n_{р} - n_{о} + 0{,}5, \qquad (3.19)$$

$$n_{р} = \frac{t_{гр}\,(1 - \Delta)}{J_{р}} + 1, \qquad (3.20)$$

где $n_{р}$ – расчетное количество обгонов грузовых поездов пассажирскими; $t_{гр}$ – время хода грузового поезда по расчетному участку, мин; $n_{о} = \frac{t_{гр}}{t_{б}}$ – фактическое количество обгонов грузовых поездов на участке; $t_{б} = \frac{\tau_{пс} + t_{з}}{1 - \Delta}$, мин – время хода грузового поезда между обгонами.

Здесь $\tau_{пс}$ – средний интервал прибытия пассажирского поезда за грузовым на станции обгона, мин.

Дополнительный съем пропускной способности обусловливается некратностью интервала между пассажирскими поездами расчетному интервалу между грузовыми поездами. Он может изменяться от 0 до 1. Фактическая величина $\varepsilon_{д}$ носит вероятностный характер, в расчетах принимается равной 0,5.

Величина коэффициента съема сборных поездов на двухпутных участках составляет

$$\varepsilon_{сб} = K_{сб} - 1, \qquad (3.21)$$

где $K_{сб}$ – количество остановок сборного поезда на участке для выполнения маневровых операций.

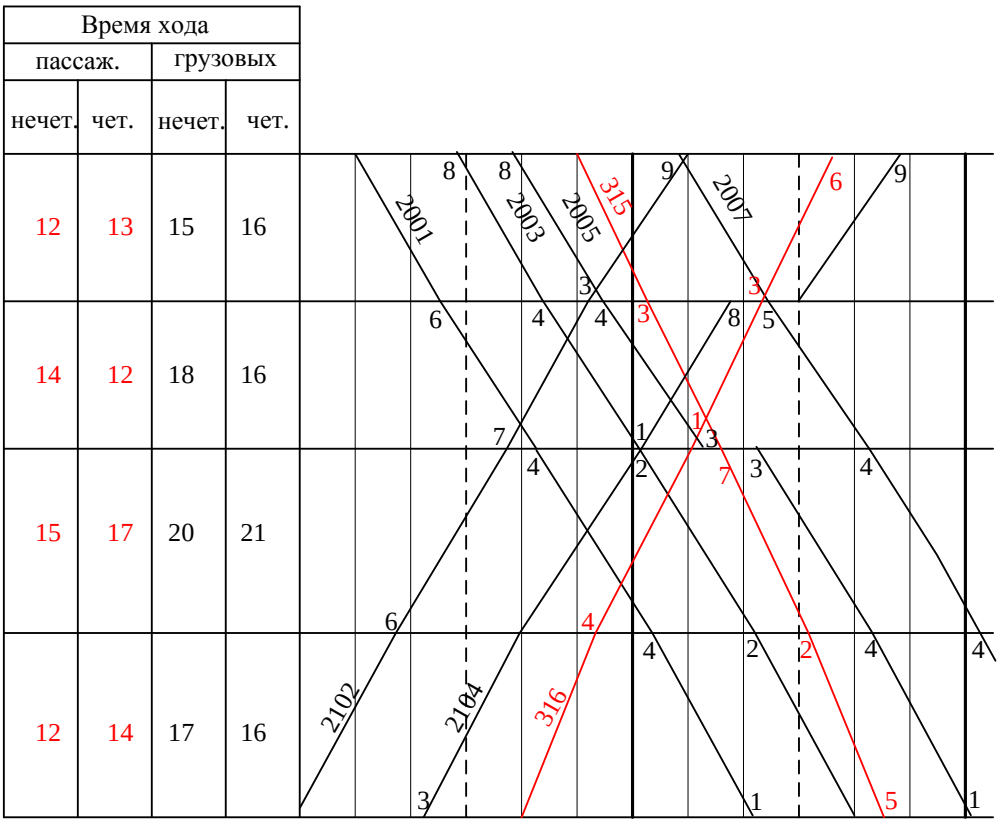


Рис. 3.4. Пропуск грузовых и пассажирских поездов
на двухпутном участке в условиях непараллельного графика

Пропускную способность линии рассчитывают, исходя из полного использования всех технических средств. Однако она должна иметь резерв, устанавливаемый по технико-экономическим соображениям и выражаемый разностью между наличной пропускной способностью и потребной:

$$N_{рез} = (N_{нал} - N_{потр}) \frac{1}{K_{ЗПС}}, \qquad (3.22)$$

где $K_{ЗПС}$ – допустимый коэффициент заполнения пропускной способности участков по перегонам. Он принимается на двухпутных линиях – 0,91; на участках с двухпутными вставками – 0, 87; на однопутных линиях – 0,85

После сопоставления значений наличной и потребной пропускных способностей и принятия решения об используемом типе графика движения поездов переходят непосредственно к построению ГДП.

Пример 3.2. Требуется рассчитать резерв пропускной способности участка В–Д. Схема поездопотоков приведена на рис. 1.5. Период на ограничивающем перегоне для парного непакетного графика составляет 70 мин. На участке обращаются три пары пассажирских и одна пара сборных поездов.

Коэффициенты съема соответственно равны: $\varepsilon_{пасс} = 1,6$; $\varepsilon_{сб} = 2,9$. Коэффициент надежности $\alpha_н = 0,98$.

Решение

Наличную пропускную способность для параллельного графика определяем по формуле (3.4):

$$N_{нал} = \frac{\left(1440 - t_{техн}\right) \alpha_н \, k_{пер}}{T_{пер}} = \frac{(1440 - 60)\, 0,98}{70} = 19 \text{ пар поездов}.$$

Максимальное число грузовых поездов, которое может быть пропущено по участку в условиях непараллельного графика, определяем по формуле (3.9). Подставив в нее значения, получим:

$$N_{гр}^{неп} = N_{нал} - \varepsilon_{пасс} \, N_{пасс} - (\varepsilon_{сб} - 1) \, N_{сб};$$

$$N_{гр}^{неп} = 19 - 1,6 \cdot 3 - (2,9 - 1)\, 1 = 12 \text{ пар грузовых поездов.}$$

Согласно схеме поездопотоков, на участке В–Д необходимо пропустить 9 пар грузовых поездов. Резерв для пропуска грузовых поездов составит:

$$N_{рез}^{гр} = (N_{гр}^{неп} - N_{гр}^{потр}) \frac{1}{K_{ЗПС}} = (12 - 10) \frac{1}{0,85} = 2 \text{ пары грузовых поездов.}$$

Далее определяем резерв общей пропускной способности:

$$N_{потр} = N_{гр}^{потр} + \varepsilon_{пас} \, N_{пас} + (\varepsilon_{сб} - 1) \, N_{сб};$$

$$N_{потр} = 10 + 1,6 \cdot 3 + (2,9 - 1)\, 1 = 17 \text{ пар поездов;}$$

$$N_{рез} = (N_{нал} - N_{потр}) \frac{1}{K_{ЗПС}} = (19 - 17) \frac{1}{0,85} = 2 \text{ пары грузовых поездов}.$$

Вывод. Резерв пропускной способности составляет для грузовых – 2 пары поездов. Общий резерв пропускной способности составляет 2 пары поездов. Для увеличения резерва можно применить частично-пакетный график.

При организации на участке безостановочного скрещения поездов на двухпутных вставках, в соответствии с Инструкцией [3], можно осуществить безостановочное скрещение поездов, если на однопутном участке есть отдельные двухпутные перегоны (рис. 3.5). В этом случае пропускная способность рассчитывается по нижеследующей формуле, в знаменатель

которой подставляется бóльший из периодов:

$$N_{бс} = \frac{(1440 - t_{тех})\,\alpha_н}{T}; \qquad (3.23)$$

$$T_а = t'_а + t''_а + \tau'_{бс} + \tau_е; \quad T_б = t'_б + t''_б + \tau'_{бс} + \tau_б.$$

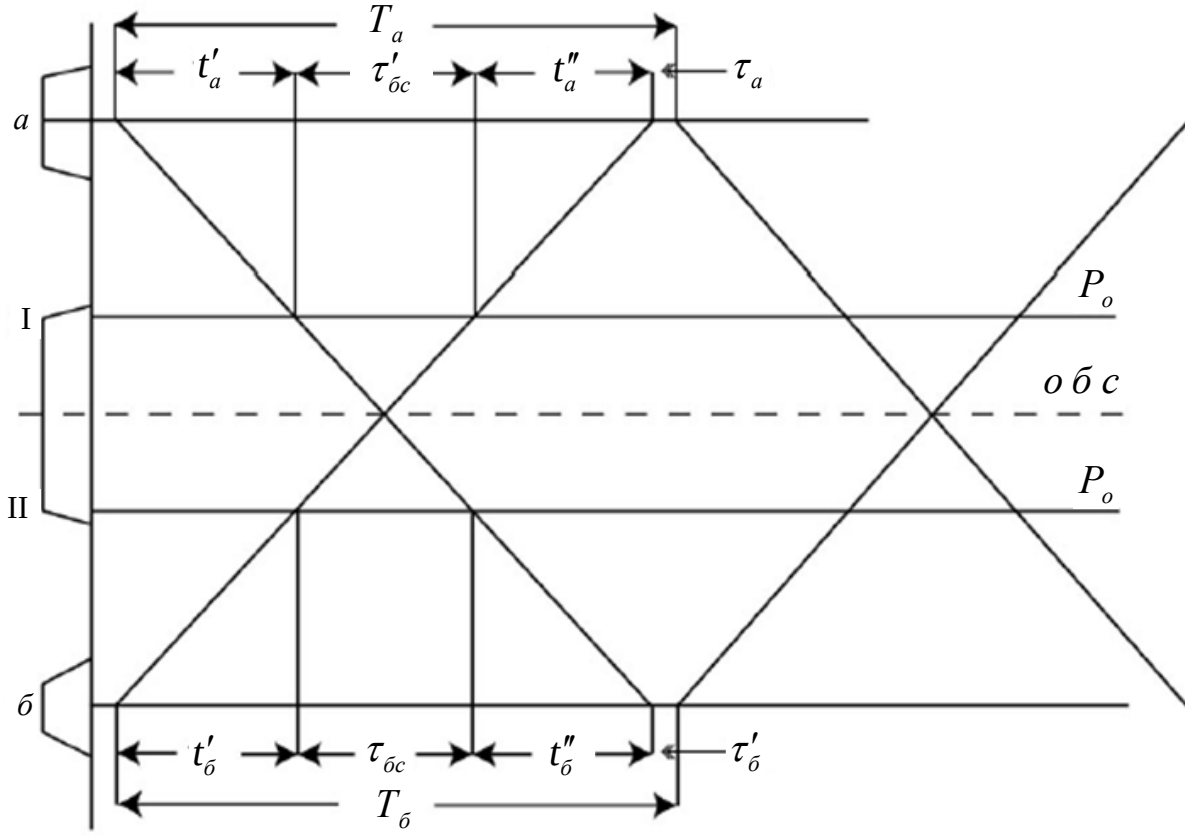


Рис. 3.5. Схема расчёта периода графика движения на двухпутной вставке: $t'_а$, $t''_а$, $\tau'_{бс}$ – время хода соответственно нечётного и чётного поезда между станцией *а* и двухпутной вставкой, а также интервал безостановочного скрещения по расчётной оси I, мин; $t'_б$, $t''_б$, $\tau''_{бс}$ – то же между станцией *б* и двухпутной вставкой, ограниченной расчётной осью II, мин

К строительству двухпутных вставок предъявляются следующие требования:

1) безостановочные скрещения без снижения скорости движения поездов;
2) обеспечение идентичности перегонов между осями скрещения поездов.

Минимальная длина двухпутной вставки, при которой обеспечивается безостановочное скрещение поездов без снижения их скорости, представлена на рис. 3.6. Взаимное расположение поездов показано в момент их входа на вставку. Как следует из рис. 3.6, после приготовления маршрута

на выход и открытия выходных (со вставок) сигналов огни на всех светофорах разрешающие, поэтому поезда будут следовать с установленными скоростями.

Минимальная длина вставки определяется по формуле

$$L_{вст}^{\min} = L_п + L_м + L'_{бл} + L''_{бл}, \qquad (3.24)$$

где $L_п$ – длина поезда; $L'_{бл}$, $L''_{бл}$, $L'_{бл}$, $L''_{бл}$ – длина каждого из блок-участков; $L_м$ – расстояние, проходимое поездом за время приготовления маршрута, открытия сигнала и его восприятия.

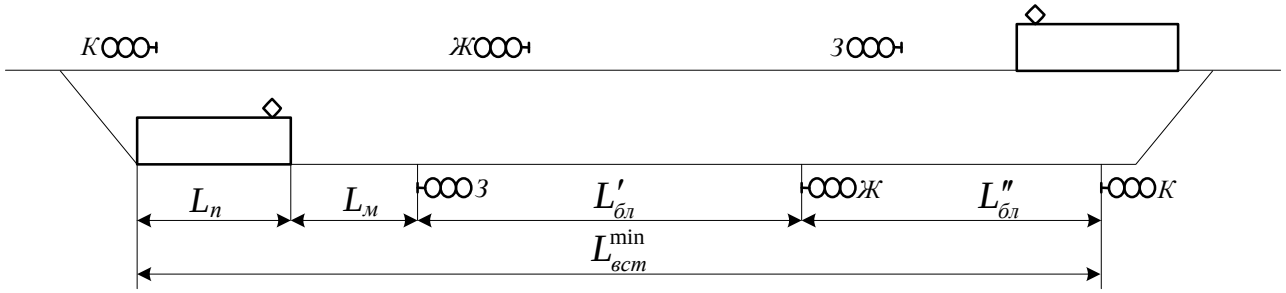


Рис. 3.6. Минимальная длина двухпутной вставки

3.4. Построение графика движения поездов с увязкой локомотивов по станциям их оборота

3.4.1. Форма и реквизиты листа графика движения поездов

График движения поездов представляет собой масштабную сетку, на которой условно прямыми наклонными линиями изображается движение каждого поезда. Условность изображения линии хода поезда на графике («нитка» графика) состоит в том, что скорость движения поезда в пределах одного перегона принимается равномерной, т. е. не учитываются колебания скорости по мере движения поезда по перегону.

Для построения графика движения используется специальный шаблон, называемый «**сетка графика**».

Сетка графика и линии хода поездов на ней снабжаются краткими комментариями, которые называются «**реквизитами**». Состав реквизитов графика движения и реквизитов поездов устанавливается одинаковым для всех железных дорог в соответствии с требованиями Инструкции по разработке графика движения поездов (см. прил. 2).

Сетка графика и реквизиты рисуются черным или синим цветом. При изображении пассажирских поездов всех категорий и обозначений рекви-

зитов, связанных с этими поездами, на многоцветных графиках используются чернила красного цвета.

При построении сетки графика должны соблюдаться следующие основные правила:

- горизонтальные линии сетки должны соответствовать осям раздельных пунктов, станций, разъездов, обгонных пунктов, путевых постов, парков станций, расположенных на данном участке;
- расстояния между горизонтальными линиями должно соответствовать расстояниям между осями раздельных пунктов в масштабе 2 мм = 1 км;
- для участков большой протяженности с целью достижения необходимой соразмерности чертежа и удобства чтения графика указанный масштаб может быть уменьшен;
- по вертикали сетка графика жирными линиями должна быть разделена на основные 24-часовые полосы;
- каждая часовая полоса в свою очередь делится тонкими линиями на 6 равных полос, которые соответствуют 10-минутным интервалам;
- получасовые линии выделяются пунктирной линией. Кроме того, выделяются утолщенные часовые линии по шестичасовым периодам (0, 6, 12, 18).

В зависимости от размеров движения устанавливаются различные масштабы суточной сетки:

- форма ДГ-1– на одном листе формата А0;
- форма ДГ-2 – на двух листах по 12 часов на каждом листе формата А0;
- форма ДГ-3 – на трех листах по 8 часов на каждом листе формата А0;
- форма ДГ-4 – на четырех листах по 6 часов на каждом листе формата А0.

В вертикальных колонках по обеим сторонам сетки графика должны помещаться дополнительные данные, необходимые для его составления и пользования. На рис. 3.7, 3.8 приведены образцы заполнения колонок левой и правой сторон сетки графика.

Нормы времени хода пассажирских и грузовых поездов по перегонам в четном и нечетном направлениях фиксируются в специальных клетках с левой стороны сетки графика. В тех же клетках записывается время на разгон и замедление поезда при следовании его с остановкой. Время пишется на каждом перегоне ниже линии первого раздельного пункта и выше линии второго раздельного пункта: слева – для грузовых поездов, справа – для пассажирских поездов. Здесь же в клетке указывается дополнительное время на предупреждения по ограничению скорости (например, +2).

Рис. 3.7. Образец внесения дополнительных данных в вертикальные колонки левой стороны сетки графика: СЛ – смена локомотива; СБ – смена бригад; ТО – технический осмотр состава; НВ – снабжение состава водой

Как правило, нечетные поезда прокладываются сверху вниз, а четные – снизу вверх. В этом случае время разгона нечетного поезда записывается вверху, с левой стороны, а пассажирского – с правой. Время замедления грузового поезда записывается внизу, с левой стороны, а пассажирского – с правой.

Время разгона четного грузового поезда записывается внизу, с левой стороны, а пассажирского – с правой. Время замедления грузового поезда – вверху, с левой стороны, а пассажирского – с правой.

В виде черного прямоугольника указывается расположение пассажирского здания относительно главных путей, который имеет следующие обозначения:

- внутренняя площадь незакрашенная – обозначает ручное управление стрелками и сигналами с ключевой зависимостью;
- внутренняя площадь заштрихована наклонными линиями – означает механическую централизацию стрелок и сигналов;

• внутренняя площадь закрашенная – означает маршрутно-релейную и электрическую централизацию;

• внутренняя площадь, заштрихованная решеткой, означает диспетчерскую централизацию (ДЦ).

С правой стороны сетки графика в вертикальных колонках помещаются данные, приведенные на рис. 3.8.

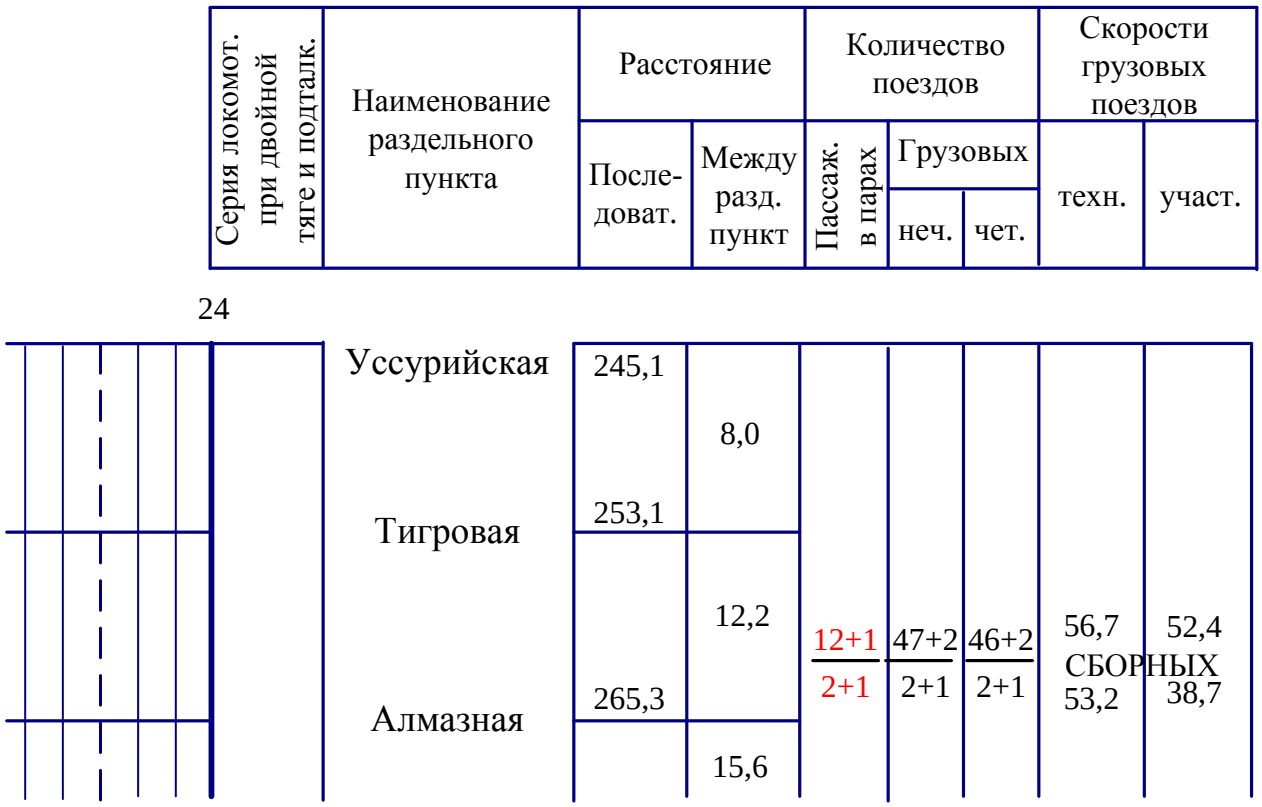


Рис. 3.8. Образец внесения дополнительных данных в вертикальные колонки правой стороны сетки графика

Размеры пассажирского движения на участке в парах указываются в виде дроби, где:

• числитель – количество пар пассажирских поездов круглогодичного обращения плюс количество пассажирских поездов сезонного и разового обращения;

• знаменатель – количество пригородых поездов постоянного обращения плюс количество пригородных поездов выходного дня и разового назначения.

Размеры грузового движения обозначаются отдельно для нечетного и четного направлений также в виде дроби, где:

• числитель – количество грузовых поездов постоянного обращения плюс количество грузовых поездов, назначаемых оперативным планом по

пунктирным линиям хода пассажирских поездов; а при их отсутствии – в обращении и по технологическим «окнам»;

- знаменатель – количество сборных поездов плюс количество вывозных и передаточных поездов на участке.

Вверху над сеткой графика движения поездов помещаются таблицы серий, используемых для тяги поездов локомотивов, весовых норм и длин поездов в пассажирском (с левой стороны) и грузовом (с правой стороны) движении по участкам графика. Образцы внесения данных в эти таблицы представлены на рис. 3.9 и 3.10.

Наименование участка	Серия локомотива	Установленный вес пассажирских поездов			
		Скорых	Пассажирских		Пригородных
			дальн.	местн.	
Уссурийская–Горная	ТЭ10В	800	800	800	
Горная–Амурская	2ТЭ10В	1100	1100	1100	

Рис. 3.9. Образец внесения данных по весовым нормам пассажирских поездов

Наименование участка	Серия локомотива	Вес грузовых поездов				Длина состава в условных вагонах			
		Унифицированный для транзитных поездов		По мощности локомотива для участковых поездов		Унифицированный для транзитных поездов		Максимальная	
		чет.	неч.	чет.	неч.	чет.	неч.	чет.	неч.
Уссурийская–Горная	2ТЭ10	3200	2800	4500	4500	48	48	71	71
Горная–Амурская	2ТЭ10	3200	3800	3600	3800	57	57	71	71

Рис. 3.10. Образец внесения данных по весовым нормам грузовых поездов [5]

К реквизитам поездов относят следующее: номер, тип и цвет линии хода поезда на графике, время отправления, проследования или прибытия поезда на станцию.

Каждому поезду присваивается определенный номер. Порядок присвоения номеров поездов устанавливается специальным распоряжением администрации железной дороги. В частности, по состоянию на 01 января 2018 г., на железных дорогах установлен следующий порядок присвоения номеров поездам (Распоряжением ОАО «РЖД» от 05.04.2014 г. № 859) [10] (см. прил. 4). Установленная нумерация поездов действительна для всех государств-участников Содружества.

Номер поезда устанавливается в соответствии с его категорией. В зависимости от направления следования поездам присваиваются нечетные (при следовании с севера на юг и с востока на запад) или четные номера (при следовании в обратных направлениях).

В связи с этим на графиках движения различают нечетное и четное направления движения поездов. Линии хода нечетных поездов прокладываются из левого верхнего угла в правый нижний (сверху вниз), а четных – из левого нижнего в правый верхний (снизу вверх).

Номер поезда сохраняется на всем маршруте его следования, от станции формирования до станции расформирования (назначения) и может изменяться с нечетного на четный или, наоборот, только при смене направления движения в тех пунктах, где это предусмотрено графиком движения поездов.

Номер поезда проставляется над линией хода поезда в начале и в конце участка, по которому он следует. При следовании поезда только по части участка его номер проставляется на первом и последнем перегонах, по которым следовал поезд.

Линии хода поезда на графике могут изображаться сплошной, пунктирной, штрих-пунктирной, одинарной или двойной линией различной толщины и цветов; это зависит от категории поезда, а именно:

- пассажирские поезда постоянного и летнего обращения, а также почтово-багажные – сплошной линией красного цвета или жирной линией черного или синего цвета (при одноцветном изображении);
- пассажирские поезда разового назначения – пунктирной красной линией или пунктирной жирной линией черного или синего цвета (при одноцветном изображении);
- грузовые, вывозные, передаточные и хозяйственные поезда – сплошной тонкой линией черного или синего цвета;
- грузовые и пассажирские поезда повышенной массы и длины – двойной сплошной линией соответствующего цвета;
- сборные поезда – тонкой штрих-пунктирной линией;
- диспетчерские и одиночные локомотивы – пунктирной линией.

Графиком движения фиксируются три основных события, происходящих с поездами:

1) отправление;
2) проследование;
3) прибытие поезда.

Отправление поезда – на графике соответствует моменту начала движения поезда.

Проследование поезда – на графике соответствует моменту пересечения первой колесной парой головного локомотива изолирующего стыка первого по ходу за осью станции светофора, располагающегося на пути проследования поезда.

Прибытие поезда – на графике соответствует моменту его полной остановки в пределах станционного пути.

Время отправления, проследования или прибытия поезда по каждому раздельному пункту соответствует на графике точке пересечения линии хода поезда с горизонтальной линией – осью раздельного пункта. Число единиц минут проставляется в тупом углу по ходу поезда. Так как сетка графика разбита на 10-минутные интервалы, то проставляется только последняя цифра минут, принадлежащая соответствующему десятку. Значения времени, совпадающие с часовыми, получасовыми и 10-минутными вертикальными линиями сетки графика (0, 10, 20, 30, 40, 50), не проставляются.

Поезда, следующие не до конца участка, изображаются на графике движения так, как показано на рис. 3.11 (позиции 1, 2, 3, 4).

Движение поездов на графике движения производится по московскому поясному времени в 24-часовом исчислении.

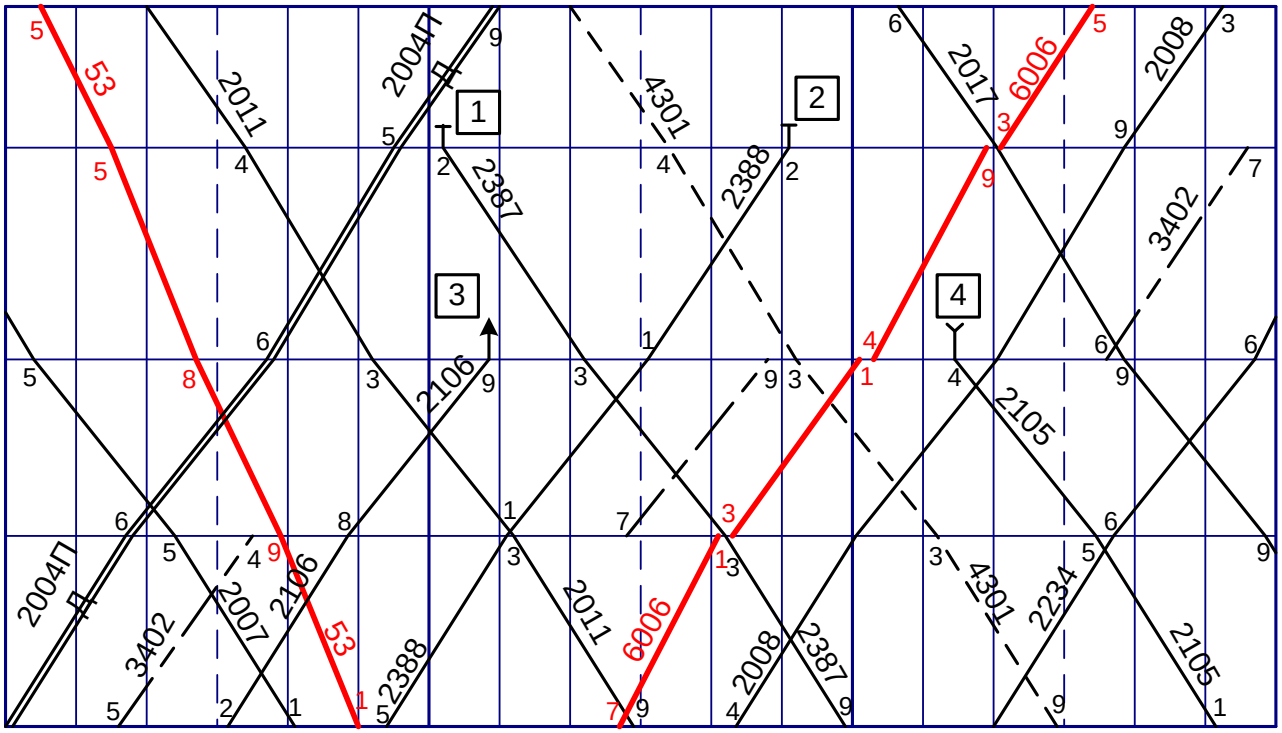


Рис. 3.11. Пример отображения на графике движения реквизитов поездов: 1 – поезд зарождается на участке; 2 – поезд погашается на участке; 3 – поезд следует на ответвление; 4 – поезд следует с ответвления

3.4.2. Прокладка поездов на графике движения поездов

Поезда классифицируются на грузовые и пассажирские, а также подразделяются на несколько категорий. Внутри каждой категории существуют дополнительные обозначения поездов, указывающие на специфику их использования.

Для различения поездов пассажирских и грузовых на графике для их прокладки используют разные нормативы (элементы графика). Кроме рода и категории поездов предусмотрено их деление по приоритетности (см. 1, прил. 6).

Поэтому во избежание «конфликтных» ситуаций поезда на графике движения поездов должны прокладываться в строгом соответствии с установленной очередностью назначения поездов по следующей приоритетности (см. прил. 6):

- перевозки, осуществляемые для восстановления движения поездов и тушения пожаров (восстановительные и пожарные поезда, снегоочистители, локомотивы без вагонов, специальный самоходный подвижной состав, назначаемые для восстановления нормального движения и для тушения пожара);
- воинские перевозки;
- перевозки пассажиров в международном сообщении (высокоскоростные, скоростные, скорые пассажирские поезда);
- перевозки пассажиров в пределах Российской Федерации в дальнем следовании (высокоскоростные, скоростные, скорые пассажирские поезда);
- перевозки пассажиров в пределах Российской Федерации в пригородном сообщении (поезда пригородного сообщения);
- перевозки почтовых отправлений, багажа, грузобагажа (почтово-багажные, грузобагажные поезда);
- специальные перевозки (специальные поезда);
- грузопассажирские и людские перевозки (грузопассажирские и людские поезда);
- перевозки грузов (грузовые (сквозные, участковые, сборные, вывозные, передаточные), хозяйственные поезда и локомотивы без вагонов).

Последовательность составления графика движения поездов следующая.

1. Осуществляется постанционная прокладка скорых и пассажирских поездов дальнего сообщения, почтово-багажных поездов согласно расписанию их движения по станциям участка.

2. Осуществляется постанционная прокладка пригородных поездов, с учетом, что около 70 % пригородных поездов должно быть отправлено в часы «пик» – утром с 6.00 до 8.00, вечером с 17.00 до 19.00. Оставшиеся

пригородные поезда отправляют равномерно в течение суток с небольшим сгущением в обеденное время, с 12.00 до 14.00.

3. Осуществляется постанционная прокладка ускоренных (специализированных) грузовых поездов. При этом для специализированных грузовых поездов должна осуществляться специализация «ниток» графика для порожних, ускоренных, тяжеловесных, длинносоставных и соединенных грузовых поездов, а также для всех технологических маршрутов, обеспечивающих устойчивые связи между отправителями и получателями.

4. Осуществляется постанционная прокладка сборных и вывозных поездов по лучшему из вариантов (см. раздел 2 настоящего пособия). При нанесении на график сборных и вывозных поездов возможна небольшая корректировка (сдвижка) линий хода этих поездов в связи с уже проложенными пассажирскими и другими поездами, имеющими приоритет. При корректировке необходимо придерживаться принятой схемы прокладки поездов, обслуживающих местную работу на участке. Наряду с этим необходимо следить за соблюдением продолжительности стоянки сборных поездов на станциях и интервалом времени между отправлением поезда, от которого отцепляются вагоны, и прибытием другого поезда, к которому эти вагоны будут прицепляться. **Это время не должно быть меньше времени выполнения грузовых операций**.

5. Осуществляется постанционная прокладка остальных грузовых поездов на ГДП. Поезда четного и нечетного направлений должны прокладываться на графике равномерно в течение суток и относительно друг друга. Для достижения оптимальных результатов работы следует по возможности избегать необоснованных и продолжительных стоянок поездов любых категорий на промежуточных станциях участка.

Прокладка грузовых поездов *должна отвечать установленным общим правилам и требованиям:*

- должны быть обеспечены заданные размеры движения по количеству и категориям поездов;
- выполнены все нормативы на технические операции с поездами, вагонами и локомотивами;
- пропуск поезда по участку должен производиться с минимальным числом остановок на скрещение и обгон; следует по возможности избегать необоснованных и продолжительных стоянок поездов любых категорий на промежуточных станциях участка;
- должно быть равномерное распределение поездопотока по периодам суток как по общему потоку, так и по специализации «ниток» графика (равномерный подвод к узлам транзитных и разборочных поездов, поездов повышенной массы и длины и т.д.);

- поезда четного и нечетного направлений должны прокладываться на графике относительно друг друга.
- прокладка линий хода поездов должна осуществляться без нарушений уже проложенных «ниток» поездов более высокой категории (см. [1, п. 13.5]);
- «нитки» для сквозных поездов должны быть проложены без серьезных изменений выбранной схемы организации местной работы (см. подраздел 2.4 настоящего пособия);
- «нитки» для транзитных поездов должны быть согласованы на направлениях с сохранением нумерации (см. подраздел 1.7 настоящего пособия);
- резервы времени в прокладке, предназначенные для обеспечения надежности графика, должны, как правило, закладываться в стоянках поездов на последних (по ходу поезда) станциях участка (региона, дороги);
- расписания поездов должны прокладываться дифференцированными временами хода (время хода должно соответствовать категории поезда);
- в особых случаях, при высоком уровне заполнения наличной пропускной способности, с разрешения ОАО «РЖД», допускается прокладка поездов с параллельной пониженной скоростью;
- при подводе поездов к техническим станциям оборота локомотивов следует контролировать возможность сокращения простоя локомотивов до технического норматива;
- на электрифицированных линиях при прокладке поездов необходимо учитывать возможности тяговых подстанций и схемы питания контактной сети, а также продольный профиль участка.
- при любом заполнении наличной пропускной способности необходимо обеспечивать технологические «окна» для выполнения работ по текущему содержанию устройств пути, СЦБ и связи, электроснабжения (на однопутных участках – 75 мин по каждому перегону, на двухпутных участках – 150 мин по каждому пути);
- технологические «окна» должны предусматриваться в светлое время суток с учетом местного времени.
- прокладка должна осуществляться с соблюдением безопасности движения поездов; категорически запрещается сокращать перегонное время хода до величины, ниже расчетной и принятой, а также уменьшать станционные и межпоездные интервалы.

На однопутных линиях при разработке графика движения поездов прокладка поездов всегда ведется одновременно в обоих направлениях.

Должны быть выполнены следующие требования

1. На участках с большим заполнением пропускной способности (более 70 %) прокладка грузовых поездов на графике начинается с ограничивающего перегона.

2. При невысоком заполнении пропускной способности (менее 70 %) для уменьшения числа скрещений и обгонов, увеличения оборота локомотива прокладку сквозных грузовых поездов целесообразно начинать от технических станций оборота локомотива. При этом выбираются рациональные размеры интервала между попутными поездами. Этот интервал должен быть больше величины периода графика на ограничивающем перегоне.

3. В целях снижения числа скрещений и получения более высокой участковой скорости на однопутных линиях, оборудованных автоблокировкой, должна применяться, независимо от степени заполнения пропускной способности, пакетная прокладка грузовых поездов.

При разработке двухпутного графика движения поездов допускается технология прокладки поездов сначала одного направления, а затем – другого направления.

При этом должны быть выполнены следующие требования

1. Пропуск поездов на участке, как правило, без обгонов. При необходимости обгон грузовых поездов пассажирскими производится на технических станциях или на станциях, расположенных между двумя перегонами с легким профилем подходов.

2. Равномерный в течение суток пропуск грузовых поездов и равномерная загрузка технических станций операциями по обслуживанию этих поездов. Это условие выполнимо, когда интервал отправления грузовых поездов с технических станций, мин, будет приблизительно равен:

$$I_{отпр} = \frac{1440}{N_{гр}}, \qquad (3.25)$$

где $N_{гр}$ – размеры грузового движения в рассматриваемом направлении в поездах (см. раздел 1 настоящего пособия).

3. График составляется в каждом направлении отдельно.

4. Составление графика ведется, как правило, от станции основного депо к пункту оборота локомотивов.

5. После прокладки поездов одного направления прокладываются поезда обратного направления. Учитывается при этом установленная норма нахождения локомотивов в пункте оборота.

При построении графика движения поездов необходимо следить за наличием числа приемоотправочных путей на промежуточных станциях однопутного участка и избегать скрещений нескольких поездов, как изображено на рис. 3.12.

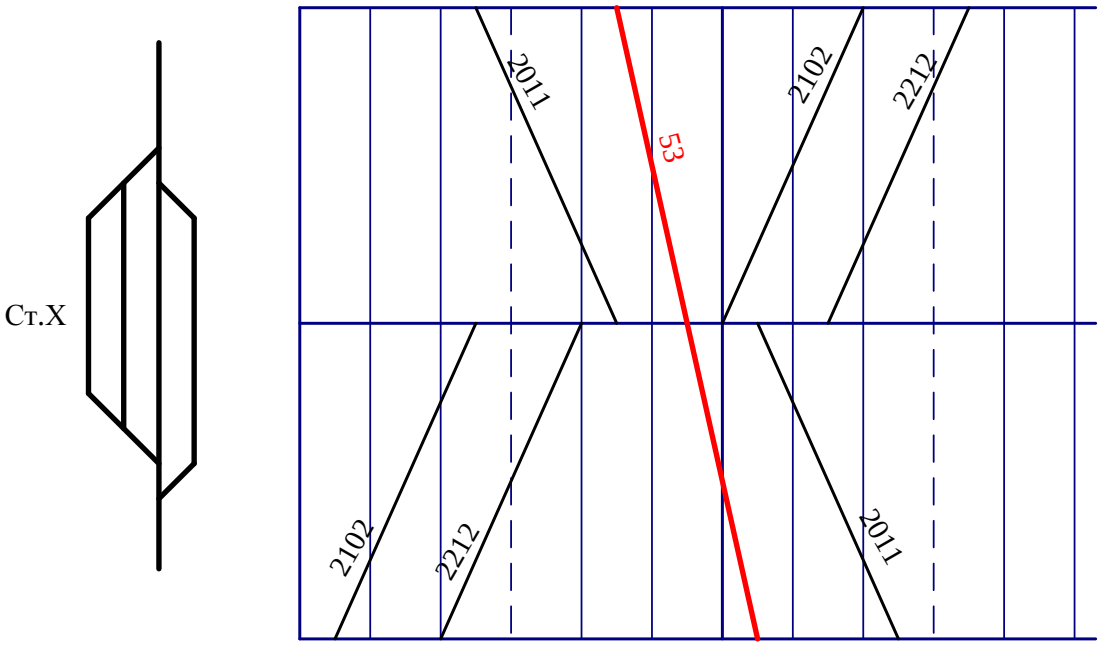


Рис 3.12. Нерациональная схема скрещения поездов
на промежуточной станции однопутного участка

При подобном скрещении поездов на станции заняты все 3 приемоотправочных пути (поездами №№ 2102, 2212, 2011) и один главный (поезд № 53).Такая ситуация не оставляет возможностей для маневров, существенно осложняя работу станции и в целом всего участка.

Аналогичным образом необходимо учитывать наличие приемоотправочных путей на промежуточных станциях двухпутного участка при обгоне поездов, а также при остановке пригородных и при стоянке сборных и вывозных поездов на станции.

3.4.3. Увязка локомотивов по станциям их оборота на графике движения поездов

Тяговое обеспечение движения поездов на графике является одной из наиболее важных задач организации перевозочного процесса. Основой схемы тягового обслуживания движения поездов на графике движения является дислокация подразделений локомотивного хозяйства на станциях рассматриваемого полигона (размещение основного и оборотных эксплуатационных локомотивных депо, пунктов смены локомотивных бригад).

По всем станциям, где выполняются технические операции с локомотивами (смена локомотива, смена бригад, экипировка и т. д.) должны быть предусмотрены стоянки поездов в соответствии с нормативами (элементами) графика движения [5, 6].

Для увязки работы локомотивов с поездами на графике движения в зоне обращения локомотивов составляется Ведомость оборота локомотивов по станциям основного и оборотного депо. В табл. 3.2 приведен пример Ведомости оборота поездных локомотивов для станции В.

Таблица 3.2

Ведомость оборота поездных локомотивов на станции основного депо В

№ поезда прибытия	Время прибытия, ч, мин	Увязка от поезда к поезду	№ поезда отправления	Время отправления, час, мин	Простой локомотива, час
2112			2103		
2432			2005		
2010			2107		
2144			2011		
2236			2231		
2006			3401		
2126			2235		
…			2117		
…			2009		
…			…		
…			…		
2002			…		
2104			…		
$\sum M$					ΣMt

Аналогичные ведомости составляются для всех станций основных и оборотных депо.

После составления ведомостей для всех станций производится расчет среднего времени, ч, нахождения локомотива на каждой из станций по формулам:

$$t_{осн} = \frac{\Sigma M\ t_{осн}}{\Sigma M_{осн}}; \qquad (3.26)$$

$$t_{об} = \frac{\Sigma M\ t_{об}}{\Sigma M_{об}}, \qquad (3.27)$$

где $\Sigma M\ t_{осн}$, $\Sigma M\ t_{об}$ – суммарное время нахождения поездных локомотивов соответственно на станциях основного и оборотного депо, лок.-ч; $\Sigma M_{осн}$, $\Sigma M_{об}$ – количество поездных локомотивов, лок., обслуживающих грузовые поезда, соответственно на станциях основного и оборотного депо.

3.5. Расчет показателей графика движения поездов

Показатели ГДП подразделяются на количественные и качественные.

К количественным показателям относятся: количество пропущенных за сутки пассажирских и грузовых поездов, количество поездо-километров по пассажирскому и грузовому движению, количество поездо-часов по пассажирскому и грузовому движению.

К качественным показателям относятся: техническая и участковая скорости движения грузовых поездов, коэффициент участковой скорости в грузовом движении.

Техническая скорость – это скорость следования поезда по участку с учетом времени на разгон и замедление.

Участковая скорость – это скорость следования поезда по участку с учетом не только времени на разгон и замедление, но и суммарного времени простоя на промежуточных станциях участка.

Техническая и участковая скорости движения грузовых поездов, км/ч, рассчитываются по следующим формулам:

$$V_{тех} = \frac{\Sigma N\ L}{\Sigma N\ T_{движ}} = \frac{\Sigma N\ L}{\Sigma N\ T_{х} + \Sigma N\ T_{рз}}; \qquad (3.28)$$

$$V_{уч} = \frac{\Sigma N\ L}{\Sigma N\ T_{уч}} = \frac{\Sigma N\ L}{\Sigma N\ T_{х} + \Sigma N\ T_{рз} + \Sigma N\ T_{ст}^{пром.ст}}, \qquad (3.29)$$

где $\Sigma N\ L$ – суммарные поездо-км следования поездов по участку в нечетном и четном направлениях; $\Sigma N\ T_{движ}$ – суммарные поездо-часы движения нечетных и четных поездов по участку; $\Sigma N\ T_{уч}$ – суммарные поездо-часы нахождения нечетных и четных поездов на участке: $\Sigma N T_{уч} = \Sigma N\ T_{движ} + \Sigma N\ T_{ст}^{пром.ст}$; $\Sigma N\ T_{х}$ – суммарные поездо-часы хода нечетных и четных поездов на участке; $\Sigma N\ T_{рз}$ – суммарные поездо-часы на разгон и замедление нечетных и четных поездов на участке; $\Sigma N\ T_{ст}^{пром.ст}$ – суммарные поездо-часы стоянки нечетных и четных поездов на промежуточных станциях участка.

Наиболее важным показателем, характеризующим качество составления графика движения поездов, является коэффициент участковой скорости, представляющий собой отношение участковой скорости к технической:

$$\beta_{уч} = \frac{V_{уч}}{V_{тех}}. \qquad (3.30)$$

Расчет технической и участковой скоростей движения по участкам рассматриваемого полигона и по полигону в целом следует вести как с учетом сборных (вывозных) поездов, так и без этого учета.

Расчет технической и участковой скоростей на участках производится по специальным ведомостям (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Ведомость исходных данных для расчета скоростей движения

Участок	№ поезда	Время отправления, час мин	Время прибытия, час мин	Простой на промежут. станциях, ч	Время в пути, ч	Время в движении, ч	Пробег поезда, км
В–Д	Нечетное направление						
	2031	0–10	3–44	0,23	3,57	3,33	154
	2001	1–36	4–52	0,10	3,27	3,17	154
	3401	1–55	9–30	4,30	7,58	3,28	154
	…	…	…	…	…	…	…
	3035	22–29	2–10	0,52	3,68	3,17	154
	Четное направление						
	…	…	…	…	…	…	…
Итого с учетом сб. поездов				20,60	72,40	51,80	2464
Итого без учета сб. поездов				16,30	64,82	48,52	2310
…	…	…	….	…	…	…	…
…	…	…	….	…	…	…	…
Всего по полигону с учетом сб. поездов				82,40	362,00	310,80	14784
Всего по полигону без учета сб. поездов				32,60	324,08	291,10	13860

Пример 3.3. Требуется рассчитать техническую и участковую скорости движения по участку В–Д как без учета сборных (вывозных) поездов, находящихся на расчетном участке, так и с их учетом. Определить коэффициент участковой скорости как без учета сборных (вывозных) поездов, находящихся на расчетном участке, так и с их учетом. Исходные данные принимаются по табл. 3.3.

Решение

Техническую скорость для участка В–Д определяем по формуле (3.28):

- без учета сборных (вывозных) поездов

$$V_{\text{тех}} = \frac{2310}{48{,}52} = 47{,}6 \text{ км/ч};$$

- с учетом сборных (вывозных) поездов

$$V_{\text{тех}} = \frac{2464}{51{,}80} = 47{,}5 \text{ км/ч}.$$

Участковую скорость для участка В–Д определяем по формуле (3.29):

- без учета сборных (вывозных) поездов

$$V_{\text{уч}} = \frac{2310}{64{,}82} = 35{,}6 \text{ км/ч};$$

- с учетом сборных (вывозных) поездов

$$V_{\text{уч}} = \frac{2464}{72{,}40} = 34{,}0 \text{ км/ч}.$$

Коэффициент участковой скорости рассчитываем по формуле (3.30):

- без учета сборных (вывозных) поездов

$$\beta_{\text{уч}} = \frac{35{,}6}{47{,}6} = 0{,}75 \text{ км/ч};$$

- с учетом сборных (вывозных) поездов

$$\beta_{\text{уч}} = \frac{34{,}0}{47{,}5} = 0{,}72 \text{ км/ч}.$$

Результаты расчета технической и участковой скоростей представляем в табличной форме (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Техническая и участковая скорости на полигоне (участке, дороге, направлении)

Участок	Скорости				Коэффициент скорости	
	Техническая		Участковая			
	без сборных поездов	со сборными поездами	без сборных поездов	со сборными поездами	без сборных поездов	со сборными поездами
В–Д	47,6	47,5	35,6	34,0	0,75	0,72
А–Б	…	…	…	…	…	…
Б–В	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…
Полигон	47,71	47,69	42,8	40,8	0,90	0,85

При расчете значений скоростей и коэффициента участковой скорости на полигоне в целом необходимо руководствоваться приведенными формулами расчета (3.13)–(3.15). Так, для рассматриваемой дороги (рис. 1.2), формула расчета технической скорости (3.13) будет выглядеть следующим образом:

$$V_{тех} = \frac{\Sigma NL^{АБ} + \Sigma NL^{БВ} + \Sigma NL^{ВД} + \Sigma NL^{ДЕ} + \Sigma NL^{ВГ} + \Sigma NL^{ГЗ}}{\Sigma NT^{АБ}_{движ} + \Sigma NT^{БВ}_{движ} + \Sigma NT^{ВД}_{движ} + \Sigma NT^{ДЕ}_{движ} + \Sigma NT^{ВГ}_{движ} + \Sigma NT^{ГЗ}_{движ}}.$$

Вывод. Техническая скорость на полигоне без учета сборных поездов составила (см. итоговые данные табл. 3.4).

3.6. Экономическая оценка графика движения поездов

В целях обеспечения комплексной экономической оценки результатов разработки графика движения поездов, с учетом потенциальной доходности перевозок, Распоряжением ОАО «РЖД» № 2292р от 06.12.2007 г. утверждена и введена в действие с 1 января 2008 г. «Методика комплексной экономической оценки результатов разработки графика движения поездов с учетом потенциальной доходности перевозок» [9].

Методика экономической оценки графика движения поездов явилась первым этапом создаваемой системы технико-экономических критериев для сравнения разработанных вариантов графика движения поездов, которая включает в себя: 1) порядок расчета экономического эффекта от реализации разработанного варианта графика движения поездов; 2) определение стоимостной оценки результатов работы железнодорожного участка и затрат на реализацию графика движения поездов.

В этой методике всеобъемлющим экономическим показателем при выборе варианта графика движения поездов является экономический эффект. Лучшим признается вариант, у которого величина экономического эффекта максимальна, либо – при условии тождества полезного результата – затраты на его достижения минимальны.

График движения поездов на протяжении срока своего действия характеризуется стабильностью технико-экономических показателей (объемов производства, показателей качества, затрат и результатов). Расчет экономического эффекта приведен в прил. 5.

Кроме того, определяется потенциальная доходность перевозок при реализации графика движения поездов.

Под потенциальной доходностью перевозок при реализации графика движения поездов понимается расчетное значение суммарных доходов, поступающих от перевозок грузов с использованием доходных ставок $C_{т-км}$ соответственно на 10 т-км.

В соответствии с [2] в пояснительных записках к графику движения поездов определяется для каждого поезда графиковое количество поездо-км по грузовому движению.

Умножение этого показателя на соответствующую доходную ставку $C_{т-км}$ определяет потенциальную доходность перевозок при полной реализации размеров грузового движения, предусмотренных графиком.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Что должен обеспечивать график движения поездов?
2. С каким документом увязывается график движения поездов?
3. Что относится к основным элементам графика движения поездов?
4. Какие технологические нормативы дополнительно используются при разработке графика движения поездов?
5. Какая точность принимается при расчете перегонного времени хода поездов?
6. Что такое станционные интервалы?
7. Какие условия учитываются при определении станционных и межпоездных интервалов?
8. С какой точностью рассчитываются станционные и межпоездные интервалы?
9. Что оказывает влияние на величину станционных и межпоездных интервалов?
10. Какие существуют станционные интервалы для встречных поездов?
11. Какие существуют станционные интервалы для попутных поездов?
12. Как определяется наличная пропускная способность участка? Приведите формулу.
13. Как рассчитывается число грузовых поездов в условиях непараллельного графика? Приведите формулу.
14. Как рассчитать потребную пропускную способность участка? Приведите формулу.
15. Как определить потребные размеры грузовых поездов?
16. Что такое резерв пропускной способности? Приведите формулу.
17. Какие правила используются при построении сетки графика?
18. Как присваивается номер поезду?
19. Какие основные события фиксируются в графике движения поездов?
20. Какое время считается на графике моментом прибытия поезда на станцию?
21. Опишите последовательность составления графика движения.

22. Каким общим правилам и требованиям должна отвечать прокладка грузовых поездов на графике движения?

23. Как выполняется увязка работы локомотивов с поездами?

24. Перечислите количественные и качественные показатели графика движения поездов. Приведите формулы.

25. Какой вариант графика движения признается оптимальным?

26. Какие показатели оказывают влияние на экономическую оценку графика движения поездов?

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Для рассматриваемого полигона (участка, дороги, направления) рассчитываются следующие основные количественные и качественные показатели эксплуатационной работы:

1. Количественные показатели эксплуатационной работы

1.1. Работа подразделения за сутки, вагонов/сут (участка, дороги, направления).

Под работой дороги (подразделения дороги) по начальным операциям понимается сумма погруженных за сутки вагонов на дороге (подразделениях) и принятых вагонов с соседних дорог (подразделений).

Работа может быть определена и по конечным операциям (выгрузка плюс сдача груженых вагонов):

$$U = U_п + U_{пр.гр} = U_в + U_{сд.гр}, \qquad (4.1)$$

где $U_п$ – погрузка рассматриваемого полигона за сутки, ваг./сут; $U_в$ – выгрузка полигона за сутки, ваг./сут; $U_{пр.гр}$ – прием груженых вагонов по стыковым станциям с соседними подразделениями, ваг./сут; $U_{сд.гр}$ – сдача груженых вагонов по стыковым станциям с соседними подразделениями за сутки, ваг./сут.

Эксплуатационная работа – это количество груженых вагонов, появившихся на подразделении в течение суток.

1.2. Пробеги вагонов.

На качественные измерители работы вагонного парка огромное влияние оказывают пробеги вагонов по дороге (участку).

Общий пробег вагонов по дороге или участку, ваг.-км, определяется по формуле

$$\Sigma nS_{общ} = \Sigma nS_{гр} + \Sigma nS_{пор}, \qquad (4.2)$$

где $\Sigma nS_{гр}$ – вагоно-километры пробега вагонов в груженом состоянии; $\Sigma nS_{пор}$ – вагоно-километры пробега вагонов в порожнем состоянии.

Расчет груженого, порожнего и общего пробега вагонов удобнее проводить в табличной форме (табл. 4.1). Количество вагонов груженых и порожних берется из диаграмм (см. рис. 1.4) и схем порожних вагонопотоков (см. рис. 1.5).

Таблица 4.1

Пробеги вагонов

Участок	Длина участка, км	Вагонопоток, ваг.						Пробеги, ваг.-км						Общий пробег, ваг.-км
		груженый			порожний			груженые			порожние			
		четный	нечетный	Всего	четный	нечетный	Всего	четные	нечетные	Всего	четные	нечетные	Всего	
А–В														
В–Е														
В–З														
Дорога										$\Sigma nS_{гр}$			$\Sigma nS_{пор}$	$\Sigma nS_{общ}$

2. Качественные показатели использования вагонов

2.1. Коэффициент порожнего пробега

Коэффициентом порожнего пробега называется отношение суммы вагоно-километров пробега вагонов в порожнем состоянии к сумме вагоно-километров, определяем по формуле

$$\alpha_{пор} = \frac{\Sigma nS_{пор}}{\Sigma nS_{гр}}. \qquad (4.3)$$

2.2. Рейс вагона

Полным рейсом называется пробег вагона в груженом и порожнем состоянии за время оборота, км (или пробег вагона, приходящийся в среднем на один вагон выполненной работы):

$$l = \frac{\Sigma nS_{общ}}{U} = \frac{\Sigma nS_{гр} + \Sigma nS_{пор}}{U} = l_{гр} + l_{пор}. \qquad (4.4)$$

2.3. Оборот вагона

Временем оборота вагона называется время, затрачиваемое в среднем одним вагоном рабочего парка на цикл операций от одной погрузки до следующей погрузки. Оборот вагона является комплексным показателем использования грузовых вагонов по времени, сут, определяемым по формуле

$$\theta_в = \frac{1}{24}\left(\frac{l}{V_{уч}} + \frac{l}{L_{тех}} t_{тех} + K_м\, t_{гр.оп}\right), \qquad (4.5)$$

где $V_{уч}$ – участковая скорость на рассматриваемом полигоне, км/ч (см. подразд. 3.5); $L_{техн}$ – вагонное плечо, среднее расстояние между техническими станциями, проходимое вагоном за время оборота, км;

$$L_{тех} = \frac{\Sigma n S_{общ}}{\Sigma u_{тех}}, \qquad (4.6)$$

где $\Sigma u_{тех}$ – количество транзитных вагонов, отправленных со всех технических станций рассматриваемого полигона (участка, дороги, направления). Определяется по диаграммам гружёных и порожних вагонопотоков как общая суммарная величина транзитных вагонов, отправленных с каждой технической станции, ваг.; $t_{тех}$ – время нахождения транзитного вагона на одной технической станции, ч; $K_м$ – величина коэффициента местной работы, определяемая по формуле

$$K_м = \frac{U_п + U_в}{U}, \qquad (4.7)$$

где $t_{гр.оп}$ – время нахождения вагона на станциях погрузки и выгрузки, приходящееся на одну грузовую операцию, час (см. подраздел 2.8);

В целом формула (4.5) называется **трехчленной формулой расчета оборота вагона**, сут, которая имеет следующий вид:

$$\vartheta_в = \frac{1}{24}\left(T_{пути} + T_{техн} + T_{гр}\right). \qquad (4.8)$$

Трехчленная формула состоит из следующих элементов (членов):

1-й – $T_{пути}$ – время нахождения вагонов в поездах при следовании от станции погрузки до станции следующей погрузки, которое включает в себя чистое время движения поездов и время стоянок на промежуточных станциях для выполнения технологических операций, связанных с безопасным пропуском поездов (скрещение, обгон, простой в ожидании удаления ранее отправленного поезда).

2-й – $T_{техн}$ – время простоя вагонов на технических станциях при следовании его по одним станциям как транзитный вагон с переработкой, а по другим – как транзитный вагон без переработки.

3-й – $T_{гр}$ – время нахождения вагонов на станциях погрузки и на станциях погрузки-выгрузки.

Для целей проведения анализа работы вагонов рабочего парка используют также пятичленную формулу расчета оборота вагонов, сут:

$$\vartheta_в = \frac{1}{24}\left[\frac{(1+\alpha_{пор})\,l_{гр}}{V_{техн}} + \left(1-\beta_{уч}\right)\frac{(1+\alpha_{пор})\,l_{гр}}{V_{уч}} + \frac{(1+\alpha_{пор})\,l_{гр}}{L^{пер}_{техн}}\,t_{пер} + \right.$$
$$\left. + \frac{(1+\alpha_{пор})\,l_{гр}}{L^{тр}_{техн}}\,t_{тр} + K_м\,t_{гр.оп}\right], \qquad (4.9)$$

где $V_{техн}$ – техническая скорость, км/ч; $\beta_{уч}$ – коэффициент участковой скорости; $L^{пер}_{техн}$, $L^{тр}_{техн}$ – соответственно вагонное плечо для транзитных вагонов с переработкой и без переработки, км; $t_{пер}$, $t_{тр}$ – соответственно средний простой транзитного вагона, ч, с переработкой и без переработки.

Если пятичленную формулу рассматривать по элементам, как в случае с трехчленной формулой, то получаем следующие элементы:

1-й – время нахождения вагона в поездах в движении по участкам;

2-й – время нахождения вагона на стоянках на промежуточных станциях (в поездах);

3-й – время нахождения вагона на технических станциях переработки вагонов;

4-й – время нахождения вагона на технических станциях обработки транзитных поездов (без переработки);

5-й – время нахождения вагона на станциях погрузки и выгрузки.

2.4. Среднесуточный пробег вагона

Среднесуточный пробег вагонов показывает расстояние, которое проходит вагон за сутки. Его величина определяется, км/сут, по формуле

$$S = \frac{\ell}{\vartheta}. \qquad (4.10)$$

Эта величина может быть определена и через общий пробег вагонов и рабочий парк вагонов, км/сут, по формуле:

$$S_в = \frac{\sum nS}{n}. \qquad (4.11)$$

2.5. Рабочий парк вагонов

Рабочий парк вагонов – это количество вагонов, необходимое для обеспечения заданных объемов работы. Расчет производится, ваг.-сут, по формуле

$$n = \theta U, \tag{4.12}$$

которая является основной.

Кроме этого, рабочий парк вагонов можно определить через общие суточные вагоно-часы (непосредственный расчет):

$$n = \frac{\Sigma nt_{общ}}{24} = \frac{\Sigma nt_{уч} + \Sigma nt_{тех} + \Sigma nt_{гр}}{24}. \tag{4.13}$$

2.6. Производительность вагона

Производительность вагона – это количество тонно-километров нетто, приходящееся в среднем на один вагон рабочего парка в сутки. Определяется для каждого подразделения и дороги в целом, $\frac{\text{т} \cdot \text{км}}{\text{ваг.-сут}}$, с округлением до целых только для вагонов общего парка по формуле

$$\omega_в = \frac{\Sigma pl}{n} = \frac{P_{дин}\ \Sigma nS_{гр}}{n} = P_{дин}\ S_в, \tag{4.14}$$

где $P_{дин}$ – динамическая нагрузка груженого вагона.

3. Показатели использования локомотивов

3.1. Оборот локомотива

Оборот локомотива – время, затрачиваемое локомотивом на обслуживание одной пары поездов на тяговом плече.

Оборот локомотива, ч, определяется по формуле:

$$\theta_л = \frac{2\ L_{уч}}{V_{уч}} + t_{осн} + t_{об} + \Sigma t_{см}^{бр}, \tag{4.15}$$

где $L_{уч}$ – длина участка обращения локомотивов, км; $t_{осн}$, $t_{об}$ – время нахождения локомотива на станциях, соответственно основного и оборотного депо, ч; $\Sigma t_{см}^{бр}$ – суммарное время на смену локомотивных бригад в пунктах смены бригад, ч.

3.2. Эксплуатируемый парк локомотивов

Эксплуатируемый парк локомотивов рассчитывается в целом и по видам тяги. Определение потребного эксплуатируемого парка локомотивов производится:

– по коэффициенту потребности локомотивов на пару поездов для каждого участка их обращения;

– затратам общих локомотиво-часов.

Нормирование эксплуатируемого парка локомотивов по коэффициенту потребности локомотивов на пару поездов производится, исходя из оборота локомотивов.

Коэффициент потребности локомотивов на пару поездов составит:

$$K_л = \frac{\theta_л}{24}. \qquad (4.16)$$

Тогда потребный парк локомотивов, лок., составит

$$M_э = K_л \, N_{гр} = \frac{\theta_л}{24} N_{гр}, \qquad (4.17)$$

где $N_{гр}$ – число пар грузовых поездов на участке (при непарном графике движения в расчет принимается количество поездов преимущественного направления).

Расчет эксплуатируемого парка локомотивов по затратам общего суточного количества в локомотиво-часах на обслуживание заданного числа пар поездов на участке обращения производится по формуле

$$M_э = \frac{\Sigma Mt}{24}, \qquad (4.18)$$

где ΣMt – общие локомотиво-часы работы локомотивов во всех видах грузового движения по всем временным элементам.

Тогда

$$\Sigma Mt = \Sigma Mt_{дв} + \Sigma Mt_{пр.ст} + \Sigma Mt_{осн} + \Sigma Mt_{об} + \Sigma Mt_{см.бр}, \qquad (4.19)$$

где $\Sigma Mt_{дв}, \Sigma Mt_{пр.ст}, \Sigma Mt_{осн}, \Sigma Mt_{об}, \Sigma Mt_{см.бр}$ – это соответственно суммарное суточное время нахождения локомотивов: в движении, на промежуточных станциях, на станциях основного, оборотного депо и в пунктах смены локомотивных бригад.

Величина затрат локомотиво-часов устанавливается по графику движения поездов и включает в себя все перечисленные затраты в локомотиво-часах.

Если на графике показана увязка локомотивов, то определить их потребное количество можно по сечению в любой момент времени на графике движения поездов. В этом случае подсчитывается число пересечений с линиями хода поездов и линиями увязки локомотивов на станциях.

3.3. Пробеги локомотивов

Пробег локомотивов рассчитывается для каждого основного локомотивного депо, лок.-км, по формуле

$$\sum MS = \sum MS_{во\ главе} + \sum MS_{дв.тяга} + \sum MS_{подт} + \sum MS_{один}. \quad (4.20)$$

Линейный пробег локомотивов $\Sigma MS_{во\ главе}$ (пробег во главе поездов) складывается из пробега локомотивов во главе грузовых сквозных, участковых, сборных, вывозных, передаточных поездов.

Вспомогательный линейный пробег включает:

- пробеги локомотивов двойной тяги $\sum MS_{дв.тяга}$ (двойная тяга применяется для ведения поездов повышенной массы, а также для увеличения скорости движения с целью повышения пропускной и провозной способности линий);
- пробеги локомотивов в подталкивании $\Sigma MS_{дв.тяга}$ (применяется для ведения поездов повышенной массы и увеличения скорости движения на отдельных перегонах);
- пробеги локомотивов в одиночном следовании $\Sigma MS_{один}$ (одиночное следование вызывается неравномерностью движения поездов по направлениям и периодам суток).

Отношение вспомогательного пробега к пробегу во главе поездов называется *коэффициентом вспомогательного пробега,* определяемым по формуле

$$\beta_{всп} = \frac{\Sigma MS_{всп}}{\Sigma MS_{во\ главе}} = \frac{\Sigma MS_{дв.тяга} + \Sigma MS_{подт} + \Sigma MS_{один}}{\Sigma MS_{во\ главе}}. \quad (4.21)$$

На участках, где двойная тяга и подталкивание не применяются, расчет пробега локомотива во главе поездов, лок.-км, ведется по формуле

$$\Sigma MS_{во\ главе} = \Sigma NL, \quad (4.22)$$

тогда формула (4.21) будет иметь вид:

$$\beta_{всп} = \frac{\Sigma MS_{од}}{\Sigma NL}, \quad (4.23)$$

где ΣNL – суммарные поездо-километры всех категорий грузовых поездов (сквозных, участковых, сборных, вывозных, передаточных) на рассматриваемом полигоне.

Коэффициент непроизводительного пробега рассчитывается по формуле

$$\beta_{непр} = \frac{\Sigma MS_{од}}{\Sigma MS_{во\ главе} + \Sigma MS_{дв.тяга} + \Sigma MS_{подт}}. \qquad (4.24)$$

3.4. Среднесуточный пробег локомотивов

Среднесуточный пробег локомотивов показывает расстояние, которое проходит локомотив за сутки. Его величина, км/сут, определяется по формуле

$$S_л = \frac{\sum NL + \sum MS_{од}}{M_э}, \qquad (4.25)$$

где ΣMS – суммарный пробег локомотивов по направлению (дороге, участку) за сутки, складывающийся из локомотиво-километров пробега во главе поездов и одиночного пробега.

3.5. Производительность локомотивов, $\frac{\text{т} \cdot \text{км брутто}}{\text{лок.-сут}}$, определяется по формуле

$$W_л = S_л\ Q_{бр}\ (1 - \beta_{всп}), \qquad (4.26)$$

где $Q_{бр}$ – расчетная масса брутто грузового поезда, принятая в тяговых расчетах, т.

3.6. Средний состав поезда

Средний состав поезда нормируется с учетом пробега вагонов и пробега локомотивов во главе поездов (или пробега поездов), ваг., по формуле

$$m_{гр}^{ср} = \frac{\Sigma nS_{общ}}{\Sigma MS_{во\ главе}}. \qquad (4.27)$$

3.7. Средняя масса поезда

Средняя масса грузового поезда, т, устанавливается для каждого участка обращения отдельно в четном и нечетном направлениях и рассчитывается по формуле

$$Q_{бр}^{ср} = \frac{\Sigma Q_{бр}\ l}{\Sigma NL} = \frac{\left(q_{бр}\ \Sigma n\ S_{гр} + q_т\ \Sigma n\ S_{пор}\right)}{\Sigma NL}. \qquad (4.28)$$

Таким образом, для разработанного графика движения поездов, определяются: количественные и качественные показатели для рассматриваемого полигона по предложенной технологии организации движения поез-

дов и необходимое количество перевозочных средств, включающих рабочий парк вагонов и эксплуатируемый парк локомотивов.

Рассмотрим это на примере.

Пример 4.1. На рассматриваемом железнодорожном полигоне А–Д необходимо определить среднесуточную погрузку и выгрузку, участковую скорость и рабочий парк вагонов.

Исходные данные: оборот вагона $\theta_в = 28$ ч, прием груженых вагонов $U_{пр.гр} = 4500$ ваг., сдача груженых вагонов $U_{сд.гр} = 4400$ ваг. Среднесуточный пробег вагона $S_в = 300$ км/сут, пробег вагонов в порожнем состоянии составляет $\Sigma nS_{пор} = 400000$ ваг.-км, коэффициент порожнего пробега $\alpha_{пор} = 0,3$. Время нахождения вагона на станциях погрузки и выгрузки при его обороте составляет 12 ч, время нахождения вагона на технических станциях за время его оборота составляет 8 ч.

Решение

Оборот вагона, сут, определяем по формуле (4.5):

$$\theta_в = \frac{1}{24}\left(\frac{l}{V_{уч}} + \frac{l}{L_{тех}} t_{тех} + K_м t_{гр.оп}\right),$$

где $\frac{l}{L_{тех}} t_{тех}$ – эта величина представляет собой время нахождения вагона на технических станциях при его обороте, что составляет 8 ч; $K_м t_{гр.оп}$ – время нахождения вагона на станциях погрузки и выгрузки при его обороте, что составляет 12 ч.

Так как величина оборота вагона известна, то отсюда определяем время нахождения вагона в пути во время его оборота $T_{пути}$:

$$\frac{l}{V_{уч}} = \vartheta_в \cdot 24 - 12 - 8; \quad \frac{l}{V_{уч}} = 28 - 12 - 8 = 8 \text{ ч.}$$

Для определения участковой скорости необходимо рассчитать рейс вагона. Рейс вагона определяем через среднесуточный пробег вагона и его оборот по формуле (4.10):

$$S = \frac{\ell}{\vartheta},$$

отсюда следует, что

$$l = S_в \vartheta.$$

После подстановки получаем:

$$l = 300\frac{28}{24} = 350 \text{ км.}$$

Участковую скорость определяем по формуле (3.29):

$$V_{уч} = \frac{S_в}{T_{пути}}, \tag{4.29}$$

тогда после подстановки значений получаем

$$V_{уч} = \frac{350}{8} = 43,75 \text{ км/ч.}$$

Работу определяем через рейс и общий пробег вагонов, при этом рейс вагона определяется по формуле:

$$l = \frac{\Sigma nS_{общ}}{u_р} = \frac{\left(1 + \frac{1}{\alpha_{пор}}\right)\Sigma nS_{пор}}{U_р}, \tag{4.30}$$

тогда работа полигона составит:

$$U_р = \frac{\left(1 + \frac{1}{0,3}\right)400000}{350} = 4952 \text{ ваг.}$$

Далее определяем количество вагонов под погрузку и выгрузку по формуле:

$$U_р = U_п + U_{пр.гр}. \tag{4.31}$$

Отсюда

$$U_п = U_р - U_{пр.гр} = 4952 - 4500 = 452 \text{ ваг.}$$

То же самое можно определить и по следующей формуле

$$U_р = U_в + U_{сд.гр}. \tag{4.32}$$

Отсюда

$$U_в = U_р - U_{сд.гр} = 4952 - 4400 = 552 \text{ ваг.}$$

Рабочий парк вагонов, ваг.-сут, определяем по формуле (4.12):

$$n = \frac{28}{24}4952 = 5777 \text{ ваг.-сут.}$$

Вывод.

1. Среднесуточная погрузка полигона = 452 ваг.
2. Среднесуточная выгрузка полигона = 552 ваг.
3. Участковая скорость 43,75 км/ч.
4. Рабочий парк вагонов составляет 5777 ваг.-сут.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Что относится к количественным показателям эксплуатационной работы?
2. Какие показатели эксплуатационной работы относятся к качественным?
3. Как определяются виды работ дороги? Приведите формулы.
4. Что такое рейс вагона? Как он рассчитывается?
5. Что такое оборот вагона? По каким формулам его рассчитывают?
6. Как определяется рабочий парк вагонов? Приведите формулы.
7. Как рассчитывается оборот локомотива? Приведите формулы.
8. Как рассчитывается эксплуатируемый парк локомотивов? Приведите формулы.
9. Что включается во вспомогательный пробег локомотивов? Приведите формулы.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Расчет экономического эффекта, руб., производится по формуле

$$Э = \frac{P_г - З_г}{p_р^о + E_н}, \qquad (5.1)$$

где $P_г$ – неизменная по годам расчетного периода стоимостная оценка результатов работы железнодорожного транспорта при вводе в действие рассматриваемого варианта графика движения поездов, включая основные и сопутствующие результаты, руб.; $З_г$ – неизменные по годам расчетного периода затраты при вводе в действие рассматриваемого варианта графика движения поездов, руб.; $p_р^о$ – коэффициент реновации основных фондов при реализации мероприятий, направленных на выполнение рассматриваемого варианта графика движения поездов, определяемый с учетом фактора времени по формуле

$$p_p^o = \frac{E_н}{(1+E_н)^{t_{сд}} - 1}, \qquad (5.2)$$

где $t_{сд}$ – срок действия графика движения поездов, год; $E_н$ – норма дисконта, численно равная коэффициенту эффективности капитальных вложений ($E_н$ = 0,1).

Правомерность использования формулы (5.2) подтверждается тем, что для всех вариантов графика совпадает время начала реализации (время ввода в действие графика движения поездов). Кроме того, график характеризуется определенной стабильностью основных технико-экономических показателей: объемов перевозок, скоростью движения поездов, технической оснащенностью участка. Необходимость корректировки графика при изменении, например, объемов перевозок, вызовет необходимость перерасчета экономического эффекта по приведенной методике.

5.1. Стоимостная оценка результатов работы железнодорожного участка

На экономическую оценку графика движения поездов оказывают влияние семь следующих показателей:

1) размеры грузового и пассажирского движения;

2) участковая скорость грузовых и техническая скорость пассажирских поездов;

3) нормативы на технические технологические операции;

4) весовые нормы поездов (в пассажирском движении – длина составов в вагонах);

5) типы локомотивов;

6) тарифы в грузовом и пассажирском движении;

7) ряд других показателей, мало влияющих на общую оценку разработанного графика.

Стоимостная оценка результатов работы железнодорожного участка при данном варианте графика определяется, руб., по формуле

$$P_г = P_o + P_c, \qquad (5.3)$$

где P_o – стоимостная оценка основных результатов, которые достигаются непосредственно на предприятиях железнодорожного транспорта (в данном случае на железнодорожном участке), руб.; P_c – стоимостная оценка сопутствующих результатов, руб.

Стоимостная оценка основных результатов работы железнодорожного участка определяется по формуле

$$P_o = \sum_{i=1}^{n} Ц_i \; B_i \,, \qquad (5.4)$$

где $Ц_i$ – цена за единицу продукции *i*-го вида перевозок. В нашем случае это стоимость (тариф) за т-км или пасс.-км в грузовом, пассажирском, пригородном, ускоренном грузовом и т.д. движении; B_i – соответственно объем в т-км или пасс.-км *i*-го вида перевозок.

Величина $Ц_i$ определяется на основании действующих тарифов на перевозки и исходя их системы распределения доходов от перевозок между предприятиями железнодорожного транспорта.

Детализация расчетов по формуле (5.4) может быть любой в зависимости от требуемой точности. Так, в грузовом движении при известной структуре перевозок расчеты могут производиться по каждому роду грузов. В пассажирском движении целесообразно выделять перевозки в скорых, пассажирских и пригородных поездах. Однако в большинстве случаев достаточно рассмотреть грузовые перевозки и пассажирские в дальнем и пригородном сообщениях.

Стоимостная оценка сопутствующих результатов при увеличении скоростей движения определяется суммой доходов от освоения дополнительных объемов перевозок высвобожденным в результате увеличения скорости подвижным составом. Дополнительные доходы могут быть получены как в грузовом движении, так и в пассажирском. В пассажирском движении подвижной состав жестко закреплен под определенные номера поездов, и его реальное высвобождение может быть достигнуто только при сокращении времени оборота состава на одни и более суток.

Рассматривать дополнительный доход от пассажирского движения целесообразно при разработке оптимальной схемы оборота составов пассажирских поездов.

Дополнительные доходы в грузовом движении от перевозок, выполненных высвобожденными подвижным составом, могут быть определены в рублях по формуле

$$P_c = \sum_{i=1}^{n} Ц_i \; \Delta B_i \,, \qquad (5.5)$$

где ΔB_i – дополнительный объем перевозок, выполненный *i*-м типом подвижного состава в т·км за год.

Дополнительный объем перевозок может быть определен, т·км/год, по формуле

$$\Delta B_i = \Delta \omega_i^b \; n_i \,, \qquad (5.6)$$

где $\Delta\omega_i^b$ – изменение производительности i-го типа подвижного состава за счет увеличения участковой скорости движения, т·км/сутки; n_i – годовой вагонопоток i-го типа.

Если изменяется производительность подвижного состава, т-км/сутки, то расчет ведется по формуле

$$\Delta\omega_i^b = \Delta S_i^b \frac{P_{дин_i}}{1+\alpha_i}, \tag{5.7}$$

где ΔS_i^b – изменение среднесуточного пробега, км/сутки; $P_{дин_i}$ – динамическая нагрузка i-го типа подвижного состава, т; α_i – коэффициент порожнего пробега i-го типа подвижного состава.

Если изменяется суточный пробег, км/сутки, то он определяется по формуле

$$\Delta s_i^b = l_i \left(\frac{1}{\theta i - \Delta\theta} - \frac{1}{\theta} \right), \tag{5.8}$$

где l_i – полный рейс вагона, км; θ_i – оборот вагона, сутки; $\Delta\theta$ – изменение оборота вагона за счет изменения участковой скорости, сутки.

Изменение оборота вагона, сутки, за счет изменения участковой скорости определяются по формуле

$$\Delta\theta = \frac{l_{уч}}{24} \left(\frac{1}{V'_{уч}} - \frac{1}{V''_{уч}} \right), \tag{5.9}$$

где $l_{уч}$ – длина рассматриваемого участка, км; $V'_{уч}$ и $V''_{уч}$ – соответственно участковая скорость и скорость, полученная в данном варианте графика движения поездов, км/ч.

5.2. Определение затрат на реализацию графика движения поездов

Затраты, в рублях при вводе в действие рассматриваемого варианта графика движения поездов определяются по формуле

$$З_г = И_г + \left(p_p^o + E_н \right) K, \tag{5.10}$$

где $И_г$ – годовые текущие издержки (эксплуатационные расходы) железнодорожного транспорта без учета амортизационных отчислений на рено-

вацию, руб.; K – единовременные затраты при реализации мероприятий, направленных на ввод в действие рассматриваемого варианта графика движения поездов, руб. в случае их распределения по времени, они приводятся по фактору времени к расчетному времени, за которое принимается год ввода нового графика.

Подставив в формулу (5.1) выражение (5.10), получим более удобную формулу расчета экономического эффекта, руб.:

$$Э_г = \frac{Р_г - И_г}{p_p^o + E_н} - K. \qquad (5.11)$$

Текущие издержки (эксплуатационные расходы) определяются способом единичных стоимостных нормативов в соответствии с методикой оценки технико-экономической эффективности внедрения ресурсосберегающих технологий, влияющих на сокращение эксплуатационных расходов.

Способом единичных стоимостных нормативов определяются эксплуатационные расходы, зависящие от объема перевозок, параметров и показателей использования подвижного состава и других технических средств. Однако при сопоставлении эксплуатационных расходов с результатами (доходами) требуется определить полную себестоимость. В этом случае, кроме зависящей части расходов, должна быть учтена и независимая их доля.

Независимая часть эксплуатационных расходов образуется из текущих издержек по техническому обслуживанию и ремонту постоянных устройств: пути, мостов, станций, локомотивных и вагонных депо и других, которые до определенного предела прироста перевозок, выраженного, как правило, в поездо-километрах на участке определенной длины, остаются стабильными.

В среднесетевых условиях независящая часть эксплуатационных расходов может быть определена по ставкам на поездо-километр и по их количеству. При этом количество и пробег пассажирских поездов должны быть приведены к грузовым, с использованием коэффициента съема.

С учетом вышесказанного общая формула расчета эксплуатационных расходов, руб., приобретает следующий вид:

$$И_г = \sum_{i=1}^{n} e_i N_i + e_{п-км}^{н} \left(\sum NL + \varepsilon_{\text{пасс}} \sum NL_{\text{пасс}} \right), \qquad (5.12)$$

где e_i – расходная ставка на единицу измерителя; N_i – величина измерителя; $e_{п-км}^{н}$ – расходная ставка на поездо-километр в части независимых

расходов; $\sum NL, \sum NL_{пасс}$ – поездо-километры соответственно в грузовом и пассажирском движении; $\varepsilon_{пасс}$ – коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими.

Далее производится порядок расчетов эксплуатационных расходов для грузового движения.

5.3. Определение эксплуатационных расходов в грузовом движении

1. В грузовом движении для расчета величин измерителей для железнодорожного участка используются следующие формулы:

а) для вагоно-километров:

$$\sum nS_{гр} = \frac{\sum Г_{гр}^{потр}\, l_{уч}}{P_{дин}}, \tag{5.13}$$

где $\sum Г_{гр}^{потр}$ – годовой грузопоток – нетто на участке, т-нетто; $l_{уч}$ – протяженность участка; $P_{дин}$ – динамическая нагрузка рабочего парка (может быть принято среднесетевое значение), т/ваг.;

б) для вагоно-часов:

$$\sum nt = \frac{\sum nS_{гр}}{V_{уч}}, \tag{5.14}$$

где $V_{уч}$ – участковая скорость в грузовом движении, км/ч.

2. Локомотиво-километры с учетом вспомогательного пробега:

$$\sum MS = \sum NL\left(1+\beta_{всп}\right), \tag{5.15}$$

где $\sum NL$ – поездо-километры на участке; $\beta_{всп}$ – коэффициент, представляющий собой отношение вспомогательного пробега поездных локомотивов к пробегу поездов.

3. Поездо-километры на участке в грузовом движении определяются по формуле

$$\sum NL = \frac{\sum Г_{гр}^{потр} l_{уч} + q_{в} \sum nS_{гр}}{0{,}85\, Q_{бр}} + \frac{\sum nS_{пор}}{m_{пор}}, \tag{5.16}$$

где $q_{в}$ – средний вес грузового вагона брутто, т; $Q_{бр}$ – масса грузового поезда брутто, принятая в тяговых расчетах, т; $\sum nS_{пор}$ – вагоно-кило-

метры в порожном состоянии; $m_{пор}$ – длина порожнего поезда в вагонах, определяемая преимущественно полезной длиной приемо-отправочных путей на промежуточных и участковых станциях, ограничивающих рассматриваемые участки:

а) локомотиво-часы расходов на тягу поездов:

$$\sum Mt = \frac{\sum NL\left(1+\beta_{всп}\right)}{V_{уч}}; \qquad (5.17)$$

б) тонно-километры брутто вагонов и локомотивов:

$$\sum Pl = \sum \Gamma_{гр}^{потр} l_{уч} + q_{в} \sum nS_{гр} + P_{л} \sum NL\left(1+\beta_{всп}\right), \qquad (5.18)$$

где $P_{л}$ – вес локомотива в грузовом движении, т;

в) бригадо-часы локомотивных бригад:

$$\sum \text{Бt} = \sum NL\left(1+\beta_{всп}\right)\left(\frac{1}{V_{уч}} + \varphi_{бр}\right), \qquad (5.19)$$

где $\varphi_{бр}$ – вспомогательное время работы локомотивных бригад в расчете на один км линейного пробега (принимается $\varphi_{бр}$ = 0,01 ч), ч.

Киловатт-часы электроэнергии (килограммы условного топлива) на тягу поездов:

$$\sum A_{э(т)} = \frac{\alpha_{э(т)}\left(\sum \Gamma_{гр}^{потр} l_{уч} + q_{в} \sum nS_{гр}\right)}{10^4}, \qquad (5.20)$$

где $\alpha_{э(т)}$ – удельный расход электроэнергии (условного топлива) на измеритель 10^4 т-км брутто, кВт·ч (кг условного топлива).

Такие измерители, как локомотиво-часы маневровых локомотивов, грузовые отправки и отправленные (погруженные) вагоны в задаче выбора оптимального варианта графика движения поездов на участке не учитываются, так как принимается, что эти измерители одинаковые для всех вариантов графика.

Рассмотрим это на примере.

Пример 5.1. На однопутном участке В–Д были произведены реконструктивные мероприятия с капитальными вложениями 20 млн руб. В ре-

зультате после разработки нового графика движения поездов участковая скорость была увеличена от 30 до 35 км/ч. Требуется выполнить экономическую оценку разработанного графика движения поездов на однопутном участке В–Д.

Исходные данные. Годовой грузопоток на участке $\sum Г_{гр}^{потр}$ = = 18,882 млн тонн нетто; протяженность участка $l_{уч} = 154$ км; средняя динамическая нагрузка вагона $P_{дин} = 54$ т/ваг. Средняя масса грузового вагона брутто $q_в = 78$ т. Коэффициент вспомогательного пробега локомотива $\beta_{всп} = 0{,}1$. Удельный расход условного топлива $\alpha_т = 42 \dfrac{\text{кг у. т.}}{10^4 \text{ т} \cdot \text{км брутто}}$.

Для расчета используем следующие расходные ставки: $e_{nS} = 0{,}118$ руб.; $e_{nt} = 11{,}77$ руб.; $e_{MS} = 29{,}69$ руб.; $e_{Mt} = 104{,}27$ руб.; $e_{Бt} = 196{,}93$ руб.; $e_т = 8{,}12$ руб. Средняя цена за единицу продукции $Ц_i = 7{,}12$ руб. за 1 т-км. На участке обращаются две пары пассажирских поездов. Коэффициент съема $\varepsilon_{пасс} = 1{,}6$.

Решение

Эксплуатационные расходы определяем по следующим формулам:

1) вагоно-километры:

$$\sum nS_{гр} = \frac{\sum Г_{гр}^{потр}\, l_{уч}}{\text{Р}_{дин}} = \frac{18{,}882 \cdot 10^6 \cdot 154}{54} = 53849180;$$

2) вагоно-часы:

$$\sum nt = \frac{\sum n\, S_{гр}}{V_{уч}} = \frac{53849180}{35} = 1538548;$$

3) локомотиво-километры с учетом вспомогательного пробега:

$$\sum MS = \sum NL\left(1 + \beta_{всп}\right) = 1409228{,}5\,(1 + 0{,}05) = 1479689{,}9.$$

поездо-километры на участке в грузовом движении:

$$\sum NL = \frac{\sum Г_{гр}^{потр}\, l_{уч} + q_в \sum nS_{гр}}{0{,}85\, Q_{бр}} + \frac{\sum nS_{пор}}{m_{пор}};$$

$$\sum NL = 1\ 409\ 228{,}5 \text{ пасс-км};$$

5) локомотиво-часы расходов на тягу поездов:

$$\sum Mt = \frac{\sum NL\left(1+\beta_{всп}\right)}{V_{уч}} = \frac{1479689,9}{35} = 42276,9;$$

6) тонно-километры брутто вагонов и локомотивов:

$$\sum Pl = p_{дин}\sum nS_{гр} + P_{л}\sum NL\left(1+\beta_{всп}\right) = 54\cdot 53849180 + 258\cdot 1409228,5;$$

$$\sum Pl = 3271,44\cdot 10^{6}\ т\cdot км\,брутто;$$

7) бригадо-часы локомотивных бригад:

$$\sum Бt = \sum NL\left(1+\beta_{всп}\right)\left(\frac{1}{V_{уч}} + \varphi_{бр}\right) = 1479689,9\left(\frac{1}{35} + 0,01\right);$$

$$\sum Бt = 57073,72\ бриг.\cdot ч;$$

8) килограммы условного топлива на тягу поездов:

$$\sum A_{т} = \frac{\alpha_{т}\left(\sum Г_{гр}^{потр}\ l_{уч} + q_{в}\sum nS_{гр}\right)}{10^{4}};$$

$$\sum A_{т} = \frac{42\cdot 2907,86\cdot 10^{6}}{10000} = 12212994,02\ кг\ у.т.$$

Тогда

$$Э = \sum_{i=1}^{n} e_i N_i = e_{nS}\sum nS_{гр} + e_{nt}\sum nt + e_{MS}\sum MS + e_{Mt}\sum MT +$$

$$+e_{Бt}\sum Бt + e_{э(т)}\sum A_{э(т)};$$

$$Э = 0,118\cdot 53,85\cdot 10^{6} + 11,77\cdot 1,54\cdot 10^{6} + 29,69\cdot 1,48\cdot 10^{6} +$$

$$+104,27\cdot 0,043\cdot 10^{6} + 196,92\cdot 0,057\cdot 10^{6} + 8,12\cdot 12,21\cdot 10^{6};$$

$$Э = 177,67\cdot 10^{6}\ руб.$$

Определяем общие эксплуатационные расходы:

$$И_{г} = \sum_{i=1}^{n} e_i N_i + e_{п-км}^{н}\left(\sum NL + \varepsilon_{пасс}\sum NL_{пасс}\right);$$

$$И_{г} = 177,67\cdot 10^{6} + 11,2(1,41\cdot 10^{6} + 1,6\cdot 0,22\cdot 10^{6}) = 181,61\cdot 10^{6}\,руб.$$

Стоимостную оценку результатов работы железнодорожного участка при данном варианте графика определяем по формуле

$$P_г = P_о + P_с = \sum_{i=1}^{n} Ц_i B_i + \sum_{i=1}^{n} Ц_i \Delta B_i;$$

$$P_г = 7{,}12 \cdot 53849180 + 7{,}12 \cdot 65700 = 383{,}87 \cdot 10^6 \text{ руб.}$$

Коэффициент реновации основных фондов при реализации мероприятий, направленных на выполнение рассматриваемого варианта графика движения поездов, определяем с учетом фактора времени по формуле

$$p_р^о = \frac{E_н}{(1+E_н)^{t_{сд}} - 1} = \frac{0{,}1}{(1+0{,}1)^1 - 1} = 1.$$

Реализация разработанного ГДП потребовала капитальных вложений 20 млн руб. Затраты при вводе в действие рассматриваемого варианта графика движения поездов определяем по формуле

$$З_г = И_г + \left(p_р^о + E_н\right) K = 181{,}61 \cdot 10^6 + (1+0{,}1)\ 20 \cdot 10^6;$$

$$З_г = 205{,}61 \cdot 10^6 \text{ руб.}$$

Расчет экономического эффекта производим по формуле:

$$Э = \frac{P_г - З_г}{p_р^о + E_н} = \frac{383{,}87 \cdot 10^6 - 205{,}61 \cdot 10^6}{1+0{,}1} = 162{,}05 \cdot 10^6 \text{ руб.}$$

Вывод. Экономический эффект при вводе данного графика движения поездов составляет 162,05 млн руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

График движения поездов – непреложный закон для работников железнодорожного транспорта, выполнение которого является ключевым качественным показателем работы железных дорог. Он является основным технологическим документом длительного действия.

Цель учебного пособия – оказать помощь студентам при выполнении расчетно-графических работ, курсовых проектов, выпускных квалификационных работ и дипломных проектов. Изложены основные принципы: организации вагонопотоков, определения пропускной способности участков железной дороги, разработки графика движения поездов и расчета показателей работы полигона.

Учебное пособие содержит пять разделов, в которых последовательно рассматриваются вопросы организации вагонопотоков, развоза местного груза, расчета элементов графика движения, разработки ГДП, приводятся типовые примеры расчетов и вопросы для самоподготовки.

В связи с повышенным вниманием в настоящее время к экономической составляющей любого проекта в пособии большое внимание уделено именно экономическим расчетам, которые позволяют проверить правильность разработанной технологии, а приведенные формулы – подробно проанализировать качество разработанного графика движения поездов и в целом работу участков подразделений железных дорог.

Так как заявленной целью данного учебного пособия является приобретение студентами навыков разработки и обоснования технологии эксплуатационной работы на участках полигонов железных дорог, то коллектив авторов настоящего пособия рекомендует студентам при анализе полученных результатов (техническая, технологическая и финансовая составляющие) сравнивать их с дорожными или среднесетевыми; делать выводы не только в целом, но и по отдельным разделам; вносить предложения по улучшению организации работы рассматриваемого полигона (участка, дороги, направления) или его элементов.

Кроме того, знание организации работы участков железных дорог напрямую связано с изучением дисциплины «Технические нормы работы железных дорог».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : утв. Приказом Минтранса России от 21.02.2010 № 286 (в редакции Приказа Минтранса России от 30.03….15 г. № 57). – Екатеринбург : ИД «УралЮрИздат», 2015. – 240 с.

2. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» / ОАО «РЖД» департамент управления перевозками. Российский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи (ВНИАС) – М. : ТЕХИНФОРМ, 2007. – 527 с.

3. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог № 128 : утв. 16.11.2010. – М., 2010. – 304 с.

4. Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов : Распоряжение ОАО «РЖД» от 30.12.2011 № 2864р. – М., 2011.

5. Инструкция по разработке графика движения поездов в ОАО «РЖД» : распоряжение ОАО «РЖД» от 31.12.2015 г. № 3201р – М. 2015. – 81 с.

6. Нормативы графика движения поездов. Издание официальное / Распоряжение ОАО «РЖД» от 23.09.2008 г. № 2003р. – М. : ТЕХИНФОРМ, 2006. – 61 с.

7. Нормативы для составления графика движения пассажирских поездов : распоряжение ОАО «РЖД» от 17.10.2006 г. № 2086р – М. : ТЕХИНФОРМ, 2006. – 109 с.

8. Нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожных станциях ОАО «РЖД», нормативы численности бригад маневровых локомотивов / ОАО «РЖД» : утв. 08.02.2007 г. – М. : ТЕХИНФОРМ, 2007. – 100 с.

9. Методика определения эффективности для ОАО «РЖД» отправительской маршрутизации и ставок договорных плат за формирование прямых отправительских маршрутов на путях общего пользования средствами железных дорог : Распоряжение ОАО «РЖД» от 24.07.2006 г. № 1379р – 78 с.

10. О нумерации поездов для графика движения : Распоряжение ОАО «РЖД» от 05.04.2014 г. № 859. – М., 2014.

11. Управление эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте : учеб. для студентов вузов ж.-д. трансп. В 2-х т. Т. 2. Управление движением / В.И. Ковалев, А.Т. Осьминин, В.А. Кудрявцев [и др.]; под ред. В.И. Ковалева и А.Т. Осьминина. – М. 2011. – 440 с.

12. Типовая технологическая карта работы промежуточной станции : изд. официальное / ОАО «РЖД». – М., 2010. – 22 с.

13. Правила тяговых расчетов для поездной работы : утв. распоряжение ОАО «РЖД» от 12.05.2016 г. № 867р (в ред. распор. ОАО «РЖД» от 09.02.2018 № 182/1). – М., 2018. – 516 с.

14. Широкова, В.В. Система организации вагонопотоков в поездах и технология пропуска поездов на направлении : учеб. пособие / В.В. Широкова, Г.В. Санькова. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2016. – 82 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГИСТРАЛЬНЫХ И МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ ГРУЗОВОГО ДВИЖЕНИЯ [13]

Серия локомотива	Длина, м $L_л$	Вес, т $P_л$	Конструкционная скорость, км/ч $V_{констр}$	Расчетно-минимальная скорость, км/ч $V_р$	Сила тяги при расчетно-минимальной скорости, кгс $F_{кр}$	Сила тяги при трогании с места, кгс $F_{ктр}$	Норма расхода топлива тепловозом на холостом ходу, кг/мин A
Тепловозы							
ТЭ3 (1 секц.)	17	127	100	20,5	20200	29100	0,35
ТЭ10Л (1 секц.)	17	129	100	23,4	25300	38250	0,38
ТЭ10В, ТЭ10М (1 секц.)	17	129	100	23,4	25300	40650	0,38
2ТЭ116	36	276	100	24,2	50600	81300	0,50
2ТЭ116У, 2ТЭ116УМ (1 секц.)	18,7	139	100	24,2	33000	41140	0,50
ТЭ121 (1 секц.)	21	150	100	26,6	30000	42300	0,42
2ТЭ25А «Витязь» (1 секц.)	20	144	120	18,5	39800	45000	0,38
2ТЭ25К «Пересвет» (1 секц.)	20	144	110	24,0	30600	42700	0,38
2ТЭ25КМ (1 секц.)	20	144	100	23,6	33000	42770	0,38
М62	18	120	100	20,0	20000	35700	0,42
ТЭМ2, ТЭМ2А	17	120	100	11,0	21000	35400	0,10
ТЭМ7А	21,5	180	100	14,4	30600	59400	0,42
ЧМЭ3	18	123	95	11,4	23000	36300	0,15

Окончание прил. 1

Серия локомотива	Длина, м $L_л$	Вес, т $P_л$	Конструкционная скорость, км/ч $V_{констр}$	Расчетно-минимальная скорость, км/ч $V_р$	Сила тяги при расчетно-минимальной скорости, кгс $F_{кр}$	Сила тяги при трогании с места, кгс $F_{ктр}$	Норма расхода топлива тепловозом на холостом ходу, кг/мин A
ТЭМ18, ТЭМ18ДМ	16,9	126	100	10,5	21000	32500	0,12
ТЭМ19	20	126	100	12	21000	32500	0,12
ТЭМ28	16,9	126	100	2,16	37420	33000	0,12
ТЭМ21	17	92	100	9,15	30600	32600	0,11
ТЭМ ТМХ	16,9	126	100	9,9	27000	32500	0,12
ТГ16	31	136	85	18,0	31300	43360	0,36
ТГ22	31	180	85	18,0	40500	56300	0,36
ТГМ3А	13	68	70	8,5	12000	22400	0,13
Электровозы							
ВЛ8	28	184	80	43,3	46500	60700	–
ВЛ10	33	184	100	46,7	46000	62600	–
ВЛ10У	33	200	100	45,8	50200	68000	
ВЛ11	50	276	100	46,7	69000	93900	–
ВЛ15	45	276	100	47,4	68900	91700	–
2ЭС4К «Дончак»	35	192	120	52	44300	60400	–
2ЭС6, 2ЭС5	34	200	120	49,2	47300	65800	–
ВЛ80-К	33	184	110	44,2	49000	66200	–
ВЛ80-Т;С	33	192	110	43,5	51200	66200	–
ВЛ80-Р	33	192	110	43,5	51200	69080	–
ВЛ82	33	190	110	51	47400	65300	
ВЛ82М	33	200	110	50,5	49700	68020	–
ВЛ85	45	276	110	50,2	67000	96000	–
2ЭС5К «Ермак»	35	192	110	51	43100	47300	–
3ЭС5К	52,5	288	110	51	64700	71000	–
4ЭС5К	70	392	110	51	86200	94600	–

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

НОРМЫ ВРЕМЕНИ НА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ, ВХОДЯЩИЕ В СОСТАВ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЫ [6]

№ п/п	Операция	Норма времени, мин
1	Получение распоряжения на маневровую работу	0,37
2	Доклад о выполнении маневровой работы	0,3
3	Укладка или изъятие тормозного башмака	0,06
4	Проход к месту производства операции	$0,01\,l_{прох}$
5	Укладка тормозного башмака с накатом	0,29
6	Изъятие тормозного башмака с осаживанием состава	0,41
7	Операции, выполняемые при закреплении подвижного состава стационарными тормозными упорами: • регулирование остановки поезда в зоне установки колодок упора • установка (съём) колодок упора • распоряжение машинисту о накате состава на полозы колодок упора • ожидание окончания наката состава на полозы колодок упора	 0,38 0,08 0,2 0,23
8	Расцепление вагонов или локомотива с вагонами	0,08
9	Ограждение вагонов тормозными башмаками на путях сортировочного парка (при укладке одного тормозного башмака с одной стороны состава)	0,11
10	Открытие или закрытие двух концевых кранов автотормозной магистрали	0,14
11	Разъединение тормозных рукавов	0,12
12	Соединение тормозных рукавов	0,13
13	Зарядка воздушной магистрали и опробование тормозов n вагонов в маневровом составе	$3+0,14\,n$
14	Осмотр и проверка отсутствия препятствий к передвижению n вагонов	$0,16\,n$
15	Перевод стрелки: • с открытием или закрытием стрелочного замка любой системы • с закреплением остряка закладкой • без закрепления стрелочного остряка	 0,25 0,18 0,05

Продолжение прил. 2

№ п/п	Операция	Норма времени, мин
16	Подготовка электровоза или тепловоза для управления из другой кабины машиниста: • при одном локомотиве • при системе многих единиц (со спуском и подъемом на локомотив)	 1,5 2,8
17	Прицепка поездного локомотива к составу с присоединением воздушной магистрали состава к локомотиву или отцепка локомотива от состава с отсоединением воздушной магистрали состава от локомотива	1,1
18	Подъем двух переходных площадок вагонов в местах разъединения вагонов (с учетом времени на разъединение вагонов на расстояние 10 метров для захода составителя в межвагонное пространство и проход составителем расстояния 10 метров между вагонами)	1,8
19	Заход составителя в тамбур пассажирского вагона для сопровождения маневрового состава	2,5
20	Разъединение вагонов для проведения проверки работы двух автосцепок работниками пункта технического обслуживания вагонов	2,8
21	Опрокидывание вагонов на вагоноопрокидывателе	4,0
22	Ожидание закрытия люков у одного полувагона	3,6
23	Взвешивание вагона на метрических вагонных весах с расцепкой	1,8
24	Взвешивание вагона на динамических вагонных весах	1,71
25	Прицепка (отцепка) локомотива к составу (от состава) с присоединением (отсоединением) воздушной магистрали к локомотиву (от локомотива), проверка машинистом правильности сцепления локомотива с первым вагоном.	2,0
	Примечание. Норма дана на односекционный локомотив. При количестве секций более одной – норма увеличивается на 0,5 мин. На каждую секцию. При подсоединении электроотопления поезда норма увеличивается на 2 мин.	

Окончание прил. 2

№ п/п	Операция	Норма времени, мин
26	Полное опробование тормозов поезда: • с зарядкой воздушной магистрали от компрессорной станции – для грузового поезда – для пассажирского поезда • с зарядкой воздушной магистрали поезда от локомотива: – для грузового опезда – для пассажирского поезда	 10,0 7,0 25,0 21,0
	Примечание. При длине грузового поезда сверх 60 вагонов для проверки выхода штока тормозных цилиндров и прижатия тормозных колодок к колесным парам с проходом одной группой осмотрщиков вагонов одновременно с двух сторон ко времени полного опробования тормозов добавляется на каждый следующий вагон 17 с	
27	Выдача машинисту справки ВУ-45	1,0
28	Получение (сдача) грузовых документов с росписью о получении (сдаче)	1,0
29	Отметка в маршруте машиниста у дежурного по станции времени отправления (прибытия) поезда, номера, веса и длины состава поезда в осях с визированием данных подписью и штемпелем станции	1,5
30	Регламент минутной готовности перед отправлением поезда со станции	1,0
31	Смена кабины управления локомотива	1,5
32	Разъединение соединенного поезда	1,5
33	Отпуск тормозов	2,0
34	Соединение головного и хвостового состава	1,2
35	Открытие ящика с тормозными башмаками	1,1
36	Перевод стрелки с открытием или закрытием стрелочного замка любой системы в зимних условиях (при низких температурах)	0,65

Примечание – При выполнении технологических операций, не включенных в перечень дополнительных операций, норма времени на эти операции определяется хронометражными наблюдениями.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

НОРМЫ ВРЕМЕНИ НА ОТДЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ [4]

Наименование станционной операции	Время на операцию, мин
Переговоры о движении поездов между дежурными соседних станций:	
• при автоблокировке на однопутных линиях	0,1
• при полуавтоматической блокировке на однопутных линиях	0,2
• при электрожезловой системе	0,4
• при телефонных средствах связи:	
а) на однопутном участке	1,5
б) на двухпутном участке	1,0
Подготовка маршрута:	
• при диспетчерской централизации	0,15…0,20
• при маршрутно-релейной централизации	0,10….0,15
Приготовление одной стрелки при подготовке маршрута:	
• при электрической централизации	0,05
• при механической централизации	0,10…0,15
• при ручном обслуживании	0,30…0,50
Подача дежурным по станции блокировочного сигнала при маршрутно-контрольных устройствах	0,1
Открытие входного или выходного сигнала:	
• при автоматической и полуавтоматической блокировке со светофорной сигнализацией	0,05
Контроль дежурным по станции прибытия поезда:	
• при наличии изоляции путей	0,1
• без изоляции путей	0,3
Контроль дежурным по станции отправления или проследования поезда:	
• при наличии изоляции путей	0,2
• без изоляции путей	0,5
Распоряжение дежурного по станции старшим дежурным стрелочных постов при числе стрелочных постов *П*	0,1 *П*
Доклады старших дежурных стрелочных постов о готовности маршрута при числе стрелочных постов *П*	0,1 *П*

Окончание прил. 3

Наименование станционной операции	Время на операцию, мин
Доклады старших дежурных стрелочных постов о прибытии поезда в полном составе, о проследовании поездом выходной стрелки в полном составе	0,2
Указание ДСП о выдаче разрешения на право занятия перегона или открытии выходного сигнала	0,1
Проверка машинистом локомотива правильности разрешения на право занятия перегона, дача сигнала отправления поезда и приведение его в движение	0,2
Восприятие машинистом показания открытого входного, выходного или проходного сигнала	0,05
Проход дежурным стрелочного поста, дежурным по станции или другим работником расстояния 100 м	1,0
Закрепление групп вагонов и отцепка поездного локомотива	2,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПОРЯДОК ПРИСВОЕНИЯ НОМЕРОВ ПОЕЗДАМ

В соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» от 05 апреля 2014 г. № 859р поездам различных назначений и категорий присваивают следующую нумерацию.

1. Пассажирские поезда в международном, дальнем и местном сообщении:

1.1	Скорые круглогодичного обращения	1-150
1.2	Скорые сезонного и разового обращения	151-298
1.3	Пассажирские круглогодичного обращения	301-450 601-698
1.4	Пассажирские сезонного, разового назначения и детские	451-598
1.5	Скоростные	701-750
1.6	Высокоскоростные	751-788
1.7	Скорые, обслуживаемые моторвагонным подвижным составом (кроме скоростных и высокоскоростных)	801-898
1.8	Служебного (специального) назначения	901-920
1.9	Туристические (коммерческие)	921-940
1.10	Людские	941-960
1.11	Грузопассажирские	961-970
1.12	Почтово-багажные	971-998

2. Пригородные поезда:

2.1	Пригородные, приграничные пригородные (региональные) поезда	6001-6998
2.2	Скорые пригородные поезда с резервированием мест	7001-7098
2.3	Скорые пригородные и городские поезда	7101-7598
2.4	Поезда служебного (специального) назначения	7601-7628

3. Технические поезда:

3.1	Состоящие из цельнометаллических вагонов без пассажиров:	
3.1.1	из пассажирских вагонов, следующих со станции высадки (посадки) пассажиров или пассажирских технических станций в пункты формирования, оборота, на станции для межрейсового отстоя и обратно. Данная нумерация поездов применяется для составов поездов, предусмотренных графиком движения. Данная нумерация присваивается также в тех случаях, когда межрейсовый отстой состава пассажирского поезда согласован причастными на путях базы отстоя	5001-5398

3.1.2	из пассажирских вагонов, следующих для межоперационного перестоя до (после) подготовки состава в рейс на пассажирской (пассажирской технической) станции и обратно. Данная нумерация применяется для составов поездов, назначаемых отдельными указаниями ОАО «РЖД»	5401-5498
3.1.3	из пассажирских вагонов, следующих на вагоноремонтные предприятия для всех видов ремонта, покраски и обратно	5501-5598
3.1.4	передислокация вагонов новой постройки к месту приписки, подсылка составов под перевозку пассажиров и их возврат к месту приписки, из одного пункта приписки вагонов в другой	5601-5798
3.1.5	из пассажирских вагонов, следующих на базы отстоя и обратно	5801-5998
3.2	Состоящие из моторвагонного подвижного состава без пассажиров, в т.ч. из скоростных и высокоскоростных	
3.2.1	моторвагонный подвижной состав, следующий со станции высадки (посадки) пассажиров в депо приписки и обратно, на станции для межрейсового отстоя и обратно, а также на другие станции посадки (высадки) пассажиров	7631-7898
3.2.2	из моторвагонного подвижного состава, следующих на вагоноремонтные предприятия для всех видов ремонта, покраски и обратно, передислокацию вагонов новой постройки к месту приписки, подсылку составов под перевозку пассажиров со станций других железных дорог и их возврат к месту приписки, из одного пункта формирования (пункта приписки вагонов) в другой	
3.2.2.1	используемого в пригородном сообщении	7901-7988
3.2.2.2	используемого в дальнем следовании	7989-7998
	4. Специализированные грузовые поезда, в т.ч. на удлиненных плечах обслуживания:	
4.1	Рефрижераторные	1001-1020
4.2	Контейнерные поезда	1021-1420

4.3	Для перевозок груза в контрейлерах	1421-1440
4.4	Специализированные для перевозки грузов в универсальном подвижном составе	1441-1450
4.5	Для перевозки живности	1451-1460
4.6	Для перевозки угля, руды, удобрений в кольцевых маршрутах	1461-1810
4.7	Для перевозки наливных грузов в кольцевых и технологических маршрутах	1811-1998
	5. Грузовые поезда	
5.1	Соединенные поезда, следующие на один и более диспетчерских участков:	
5.1.1	первому	9201-9248
5.1.2	второму	9251-9298
5.2	Для составов из порожних вагонов:	
5.2.1	в количестве 330-348 осей с одним локомотивом в голове, в т.ч. на удлиненных плечах обслуживания	9301-9398
5.2.2	в количестве 350-520 осей с одним локомотивом в голове, в т.ч. на удлиненных плечах обслуживания	9401-9498
5.3	Тяжеловесные поезда, поезда повышенной массы:	
5.3.1	весом от 8000 до 9000 т	9701-9750
5.3.2	весом от 9000 и более	9751-9798
5.4	Сквозные, в т.ч. на удлиненных плечах обслуживания	2001-2998
5.5	Участковые	3001-3398
5.6	Сборные	3401-3468
5.7	Сборно-участковые	3471-3498
5.8	Вывозные – для уборки и подачи вагонов на отдельные промежуточные станции участка и подъездные пути	3501-3598
5.9	Передаточные – для передачи вагонов с одной станции на другую	3601-3798
5.10	Диспетчерские локомотивы – для уборки и подачи вагонов на промежуточные станции	3801-3898
5.11	Подача вагонов рабочего парка на перегон для выгрузки в «окно» при производстве путевых работ	3901-3978
5.12	Подача вагонов по перевозочным документам под погрузку или выгрузку на примыкание к главным путям на перегоне, внутристанционные передачи, подача вагонов по договорам на пути (подъездные пути) станций, закрытых для грузовых операций	3981-3998

Продолжение прил. 4

6. Локомотивы

6.1	Толкачи – резервные локомотивы, следующие для подталкивания или после подталкивания поездов:	
6.1.1	грузовых	4001-4148
6.1.2	вывозных и передаточных	4151-4188
6.1.3	хозяйственных	4191-4198
6.2	Резервные локомотивы, следующие без вагонов, а также локомотивы с прицепленными к ним не более 10-ти физическими вагонами:	
6.2.1	– от подталкивания грузовых поездов	4201-4228
6.2.2	– от подталкивания вывозных и передаточных поездов	4231-4258
6.2.3	– от подталкивания хозяйственных поездов	4261-4298
6.2.4	– от (к) пассажирских, людских, пригородных, почтово-багажных и грузопассажирских поездов	4391-4398
6.2.5	– от (к) пригородных поездов	
6.2.6	– от (к) поездов: ускоренных, соединенных, сквозных, участковых, сборных, сборно-участковых	4401-4698
6.2.7	– от (на) хозяйственных работ	4701-4778
6.2.8	– рельсосмазыватели	4779-4798
6.2.9	– от (к) вывозных и передаточных поездов	4801-4878
6.2.10	– от (на) маневровых работ	4881-4898
6.3	Сплотки резервных локомотивов, находящихся в эксплуатации:	
6.3.1	грузовых	4901-4960
6.3.2	пассажирских	4961-4990
6.3.3	хозяйственных	4991-4994
6.3.4	маневровых	4995-4998

7. Хозяйственные поезда:

7.1	Восстановительные	8001-8048
7.2	Пожарные	8051-8098
7.3	Снегоочистители и снегоуборочная техника всех наименований	8101-8198
7.4	Для выполнения работ по содержанию, техническому обслуживанию, ремонту сооружений и устройств железной дороги:	
7.4.1	– щебнеочистительные машины	8201-8248
7.4.2	– выправочно-подбивочно-отделочные и рихтовочные машины	8251-8298

7.4.3	– путеукладочные и путеразборочные машины	8301-8348
7.4.4	– хоппер-дозаторные	8351-8398
7.4.5	– рельсовозные	8401-8448
7.4.6	– рельсошлифовальные	8451-8498
7.4.7	– остальные машины и агрегаты	8501-8548
7.5	Путеизмерители, дефектоскопы и вагоны-лаборатории	8551-8598
7.6	Автодрезины, мотовозы и специальный самоходный подвижной состав	8601-8698
7.7	Для перевозки воды по хозяйственным документам	8701-8748
7.8	Для перевозки работников пути, контактной сети и т. д. к месту работы и обратно в моторвагонном или специальном самоходном подвижном составе	8751-8798
7.9	Для перевозки работников пути, контактной сети и т. д. к месту работы и обратно в вагонах с локомотивной тягой	8801-8848
7.10	Работа маломощных диспетчерских локомотивов на перегоне	8851-8868
7.11	Работа с поездами по договорам с транспортными организациями железных дорог	8871-8898
7.12	Локомотивы и сплотки локомотивов, моторвагонный подвижной состав в ремонт и из ремонта по грузовым документам	8901-8918
7.13	Вагоны в ремонт и из ремонта по грузовым документам. Присвоение нумерации 8921-8928 составам из пассажирских вагонов, следующих в ремонт и из ремонта, запрещается	8921-8928
7.14	Обкатка локомотивов и вагонов	8931-8948
7.15	Обкатка составов из порожних пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава	8951-8988
7.16	Для проведения опытных поездок	8991-8998
7.17	Из порожних вагонов, негодных под погрузку, следующих на заводы и в депо для ремонта и модернизации по специально оформленным документам	9001-9098

Номер поезда присваивается на станциях формирования (или оборота пассажирских поездов) и сохраняется на всем пути следования до станции назначения (расформирования). Изменение нумерации поездов в пути следования разрешается только в случаях, предусмотренных Инструкцией по учету выполнения графика движения поездов.

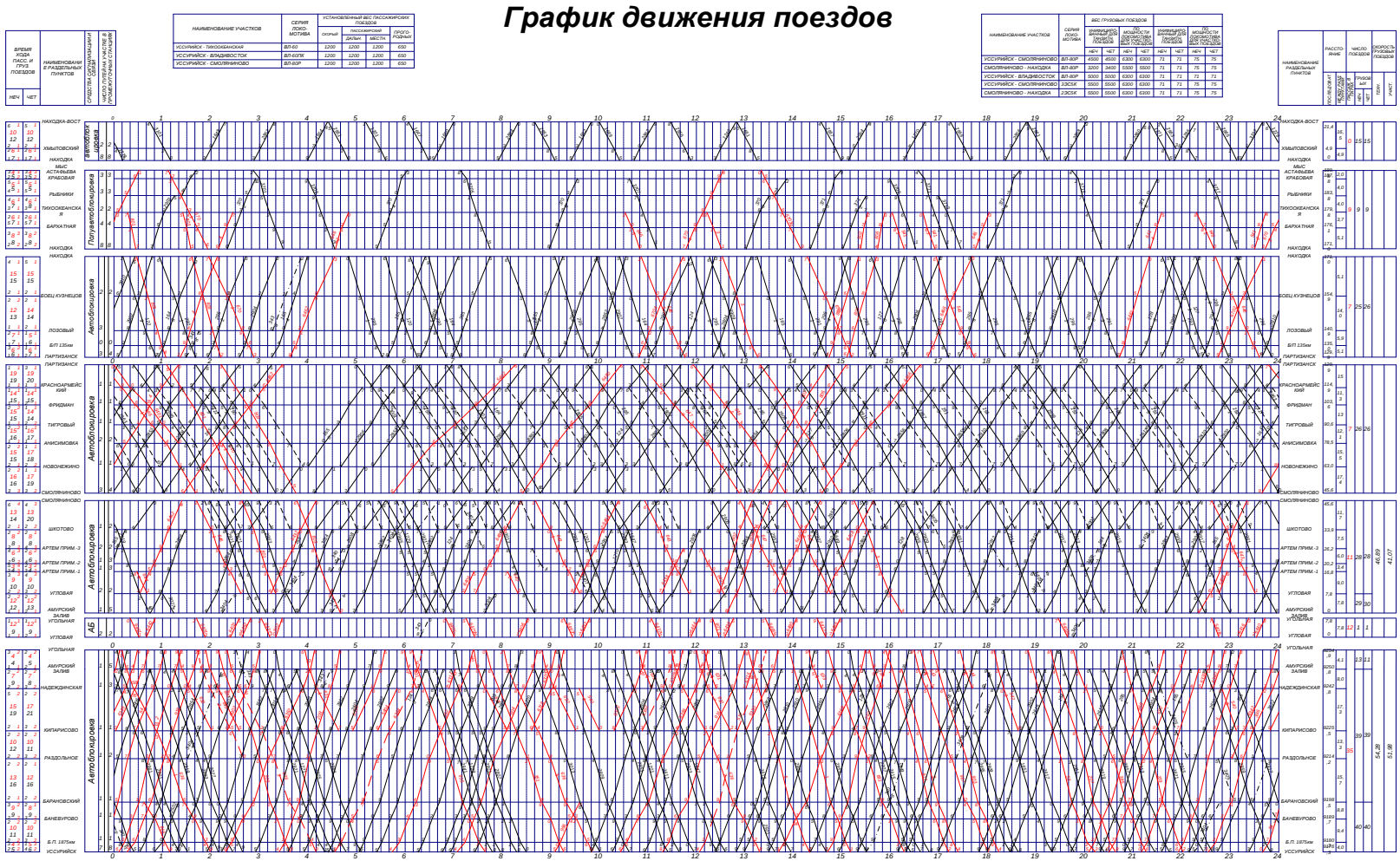
В соответствии с пунктом 4 Приложения № 6 Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, утвержденных приказом Минтранса России от 21.12.2010 г. № 286, поездам одного направления присваиваются четные номера, а поездам обратного направления – нечетные. Смена с четного на нечетный или наоборот производится по станциям, где это предусмотрено графиком движения поездов. При смене четного номера на нечетный его номер должен быть уменьшен на единицу, а при смене нечетного номера на четный – увеличен на единицу.

Вспомогательным локомотивам, направляемым на перегон с целью оказания помощи в соответствии с пунктом 5 приложения 7 Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте Российской Федерации, утвержденной приказом Минтранса России 04.06.2012 г. № 162, присваивается нумерация резервного локомотива, а при вывозе им остановившегося поезда – номер этого поезда.

Запрещается присваивать поездам нумерацию, не соответствующую категории и назначению данного поезда.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ



ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
1. ОРГАНИЗАЦИЯ ВАГОНОПОТОКОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПОЛИГОНЕ 4
1.1. Разработка таблиц груженых вагонопотоков 5
1.2. Построение диаграммы груженых вагонопотоков 8
1.3. Расчет баланса порожних вагонов 9
1.4. Построение схем движения порожних вагонов 12
1.5. Расчет массы и длины состава грузовых поездов 13
1.6. Расчет плана формирования грузовых поездов 17
1.6.1. Расчет плана организации отправительских и ступенчатых маршрутов 17
1.6.2. Эффективность организации отправительских маршрутов ... 19
1.6.3. Расчет плана формирования технических маршрутов 22
1.7. Построение схемы поездопотоков 25
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ 26
2. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕСТНОЙ РАБОТЫ НА УЧАСТКАХ ПОЛИГОНА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ 26
2.1. Определение объема работы на промежуточных станциях участка 29
2.2. Построение диаграммы местных вагонопотоков 30
2.3. Расчет числа сборных поездов, обслуживающих местную работу ... 33
2.4. Выбор способа обслуживания промежуточных станций 34
2.5. Методика выбора вариантов организации местных вагонопотоков на участках 39
2.5.1. Выделение участкового вагонопотока в самостоятельное назначение плана формирования 40
2.5.2. Выделение участкового назначения в самостоятельное назначение плана формирования с использованием части этого вагонопотока на пополнение сборных поездов 43
2.5.3. Объединение участкового вагонопотока с вагонопотоком сборных поездов 45
2.6. Расчет времени работы сборного поезда на промежуточной станции 47
2.7. Разработка плана-графика местной работы 50
2.8. Расчет показателей местной работы 51
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ 53

3. РАЗРАБОТКА ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ 54
3.1. Расчет элементов графика движения поездов 55
3.1.1. Перегонные времена хода 56
3.1.2. Станционные и межпоездные интервалы 57
3.1.3. Стоянки поездов на раздельных пунктах 71
3.2. Определение типа графика движения поездов и расчет его периода 71
3.3. Расчет пропускной способности участков железных дорог 76
3.4. Построение графика движения поездов с увязкой локомотивов по станциям их оборота 85
3.4.1. Форма и реквизиты листа графика движения поездов 85
3.4.2. Прокладка поездов на графике движения поездов 92
3.4.3. Увязка локомотивов по станциям их оборота на графике движения поездов 96
3.5. Расчет показателей графика движения поездов 98
3.6. Экономическая оценка графика движения поездов 101
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ 102
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ 103
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ 113
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ 113
5.1. Стоимостная оценка результатов работы железнодорожного участка 114
5.2. Определение затрат на реализацию графика движения поездов ... 116
5.3. Определение эксплуатационных расходов в грузовом движении 118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 123
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 124
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Характеристики магистральных и маневровых локомотивов грузового движения 126
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Нормы времени на дополнительные технологические операции, входящие в состав маневровой работы 128
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Нормы времени на отдельные операции 131
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Порядок присвоения номеров поездам 133
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Пример составления графика движения поездов 139

Учебное издание

Широков Альберт Павлович
Какунина Анна Геннадьевна
Агапова Юлия Юрьевна

**ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ
УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

Учебное пособие

2-е издание, исправленное и дополненное

Редактор *Э.Г. Долгавина*
Технический редактор *Н.В. Ларионова*

План 2018 г. Поз. 2.4. Подписано в печать 18.10.2018.
Гарнитура Times New Roman. Печать RISO.
Усл. печ. л. 8,3. Уч.-изд. л. 9,0.
Зак. 178. Тираж 125 экз. Цена 341 р.

Издательство ДВГУПС
680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47.