

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Дальневосточный государственный университет путей сообщения»
(ДВГУПС)**

ИДО _____
(наименование УСП)

Кафедра ОПиБТ _____
(название кафедры)

Широкова В.В.

Разработка графика движения поездов на участках железной дороги

Методические рекомендации на выполнение курсовой работы
для студентов профессиональной переподготовки
«Эксплуатация железных дорог»

по направлению подготовки специалистов
23.05.04 – «Эксплуатация железных дорог» (дистанционное обучение)

Хабаровск

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОРГАНИЗАЦИЯ ВАГОНПОТОКОВ НА Ж.Д. ПОЛИГОНЕ	5
1.1 Разработка таблиц груженных вагонопотоков	6
1.2 Построение диаграммы груженных вагонов	9
1.3 Расчет баланса порожних вагонов	11
1.4 Построение схем движения порожних вагонов	11
1.5 Расчет веса и длины состава грузовых поездов.....	14
1.7 Построение схемы поездопотоков	24
2 ОРГАНИЗАЦИЯ МЕСТНОЙ РАБОТЫ НА УЧАСТКАХ Ж.Д.	26
2.1 Определение объема работы на промежуточных станциях участка	28
2.2 Построение диаграммы местных вагонопотоков	30
2.3 Расчет числа поездов, обслуживающих местную работу	33
2.4 Выбор способа обслуживания промежуточных станций	34
2.6 Расчет времени работы сборного поезда на промежуточной станции	48
2.7 Разработка плана-графика местной работы	53
2.8 Расчет показателей местной работы	53
3 РАЗРАБОТКА ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ	55
3.1 Расчет элементов графика движения поездов	57
3.2 Определение типа графика движения поездов и расчет его периода.....	66
3.3 Расчет пропускной способности участков железных дорог.....	69
3.4 Построение графика движения поездов с увязкой локомотивов по станциям их оборота	72
3.5 Расчет показателей графика движения поездов	84
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	103
ПРИЛОЖЕНИЯ	104
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	112

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожный транспорт является одной из важнейших 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 эффективном использовании имеющихся технических средств. В современных условиях на первый план выходит рациональное использование инфраструктуры, увеличение темпов её обновления и развития.

Работа с полностью частным парком грузовых вагонов определяет новые подходы к развитию и размещению сортировочных станций. Это связано с дополнительной потребностью в формировании технических маршрутов и выделенных направлений из порожних вагонов разных собственников. Для организации эффективной эксплуатационной работы железных дорог в условиях полностью частного 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 настоящее время, в условиях реструктуризации системы управления ОАО «РЖД» и создания Дирекции управления движением, особое внимание уделяется вопросам технологии. Разработан Единый сетевой технологический процесс железнодорожных перевозок, который объединяет системы планирования, нормирования и управления эксплуатационной работой железных дорог в условиях полностью частного парка грузовых вагонов. В новых условиях наиболее серьезные изменения касаются технологии работы с порожними вагонами с целью минимизации порожнего пробега вагонов, что особенно важно на участках с недостаточной пропускной способностью.

Целью данного учебного пособия является приобретение студентами навыков разработки и обоснования технологии эксплуатационной работы на участках полигонов железных дорог.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ВАГОНОПОТОКОВ НА Ж.Д. ПОЛИГОНЕ

Организация вагонопотоков в поезда, согласно «Инструктивным указаниям по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД»[3], должна обеспечивать:

- 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.

Рассмотрение данного вопроса рекомендуется выполнять по схеме, представленной на рисунке 1.

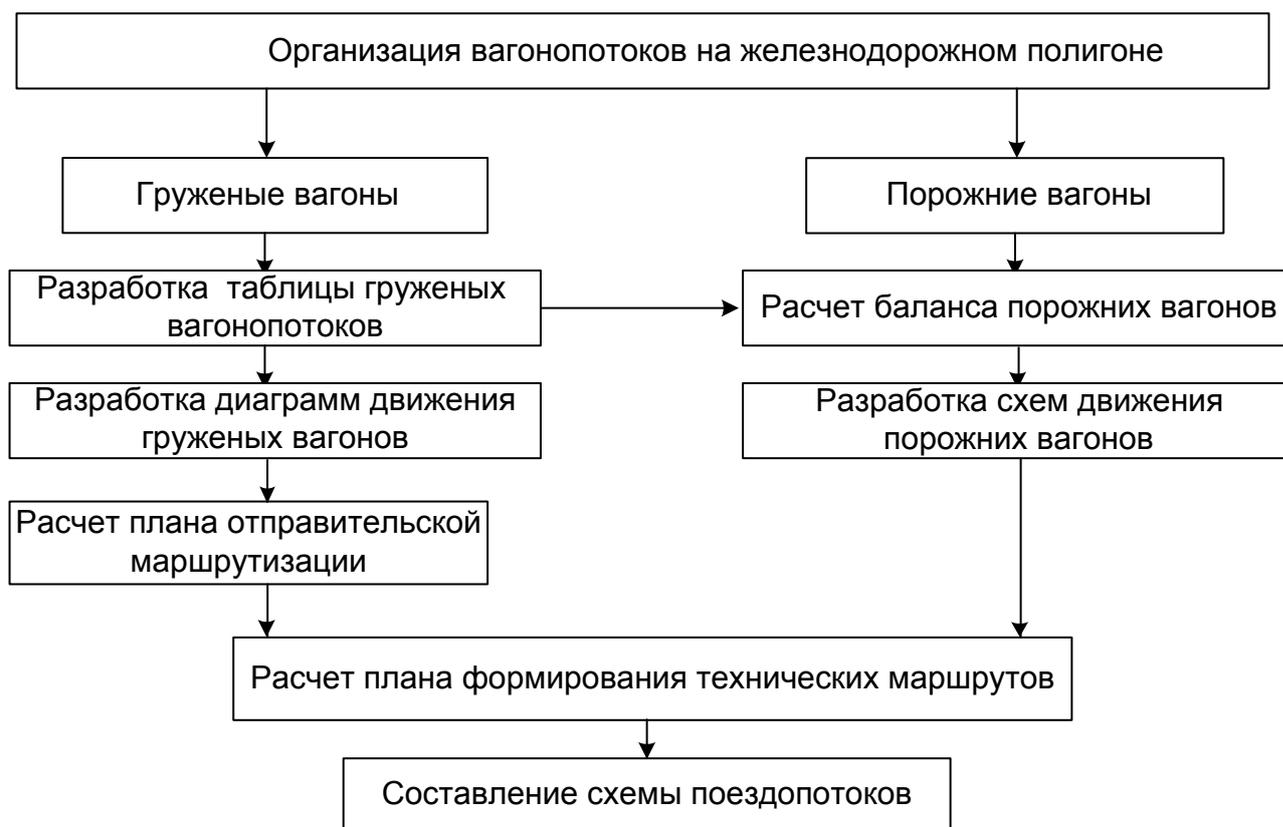


Рис.1. Последовательность выполнения расчетов по организации вагонопотоков в поезда

1.1 Разработка таблиц грузеных вагонопотоков

Основой для разработки таблиц грузеных вагонопотоков служат:

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

Разработка расчетных грузеных вагонопотоков включает [3, 15, 18]:

1. анализ выполненных вагонопотоков;
2. расчет межстанционных корреспонденций грузеных вагонов по видам отправок, родам грузов и типу подвижного состава;
3. разработку расчетных грузеных вагонопотоков.

Вагонопотоки на расчетный период представляют в виде «шахматов» корреспонденций грузеных вагонопотоков.

Пример 1. Для ж.д. полигона составить таблицу общих грузеных вагонопотоков. Объемы приема, сдачи грузеных вагонов, а также погрузки и выгрузки представлены в таблице 1.

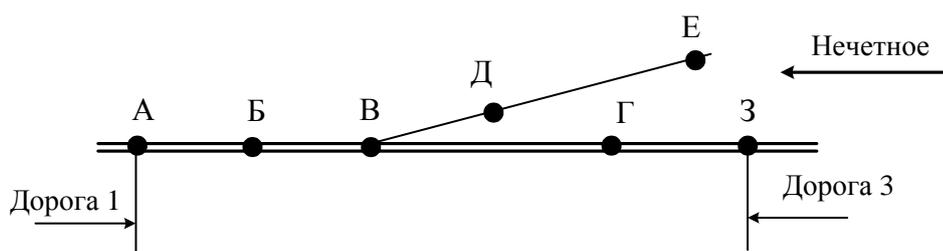


Рис. 2. Схема расчетного ж.д. полигона

В расчетный полигон входят станции А, Б, В, Г, Д. Станции З, Е относятся к другим железным дорогам.

Решение.

Для составления таблицы грузеных вагонопотоков между техническими станциями используются исходные данные таблицы 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:

- 1 – составить таблицу грузеных вагонопотоков без учета рода подвижного состава (табл. 2);
- 2 – с передачей вагонов, следующих на промежуточные станции участка Б-В, на технические станции Б и В (табл.3).

Таблица 1 – Таблица грузеных вагонопотоков по роду подвижного состава

На		Дорога 1	А	Б	Б-В	В	Д	Е	Г	Дорога 3	Итого по роду ва- гонов	Всего
Из												
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	

Так, например, с дороги 1 на станцию Б следует 6 вагонов, на участок Б-В - 21 вагон. Значит, всего на станцию Б поступает с дороги 1 $6+21=27$ вагонов (рис.3).



1, 2, 3 – промежуточные станции на участке Б-В

Рис.3. Схема движения вагонов

Таблица 2 - Корреспонденция общих грузеных 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 3 - Корреспонденция грузеных 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 грузеных вагонопотоков

Диаграмма движения грузеных вагонов строится с целью определения густоты вагонопотоков на железнодорожных участках. Она разрабатывается на основании таблицы корреспонденции грузеных вагонопотоков между выделенными техническими станциями (табл.3).

Пример 2. Построить диаграмму движения грузеных вагонов на ж.д. полигоне. Схема полигона представлена на рис.2, вагонопотоки – в таблице 3.

Решение.

Диаграмма вагонопотоков строится с использованием принципа правостороннего движения (рис.4).

Четное направление.

Прием вагонов по станции А с дороги 1 составляет 1679 вагонов. Из этих вагонов назначением на станцию А (отцепка) – 12 вагонов. Прицепка станции А составляет 79 вагонов ($12^{А-Б} + 13^{А-В} + 7^{А-Д} + 12^{А-Е} + 5^{А-Г} + 30^{А-ДЗ}$). Общее количество вагонов, отправленных со станции А составит $1679 - 12 + 79 = 1746$.

На станции Б отцепляется 39 вагонов, прицепляется 53. Отправляется со станции Б $(1746 - 39 + 53) = 1760$ вагонов.

Станция В является узловой станцией. Поступающий вагонопоток (1760 вагонов) распределяется следующим образом: на направление В-Е $(16 + 7 + 10) + (200 + 12) = 245$ вагонов; на направление В-Дорога 3 $(12 + 5 + 6) + (1400 + 30 + 31) = 1484$; назначением на станцию В – $(12 + 13 + 6) = 31$ вагон. Прицепка вагонов станции В на направление В-Дорога 3 составляет $(10 + 25) = 35$ вагонов. Общий вагонопоток, отправляемый со станции В на направление В-Дорога 3, сложится из вагонопотока, поступающего с участков Б-В и Д-В на направление В-Дорога 3 и прицепляемых вагонов на станции В $(1484 + 103 + 35) = 1622$ ваг.

На станции Г отцепляется 33 вагона, прицепляется 16 вагонов. Общий вагонопоток, отправляемый со станции Г будет равен $1622 - 33 + 16 = 1605$ ваг. Итак, сдача вагонов на дорогу 3 составляет 1605 вагонов.

Общее количество вагонов, отправляемых на направление В-Е со станции В складывается из вагонов, поступающих с прилегающих участков Б-В и Г-В, а также прицепляемых на станции В $(245 + 275 + 51) = 571$ вагон.

На станции Д отцепляется 49 вагонов, прицепляется 10. Отправленный вагонопоток будет равен $(571 - 49 + 10) = 532$ ваг. Итак, сдача на станцию Е составляет 532 вагона.

В нечетном направлении расчет выполняется аналогично.

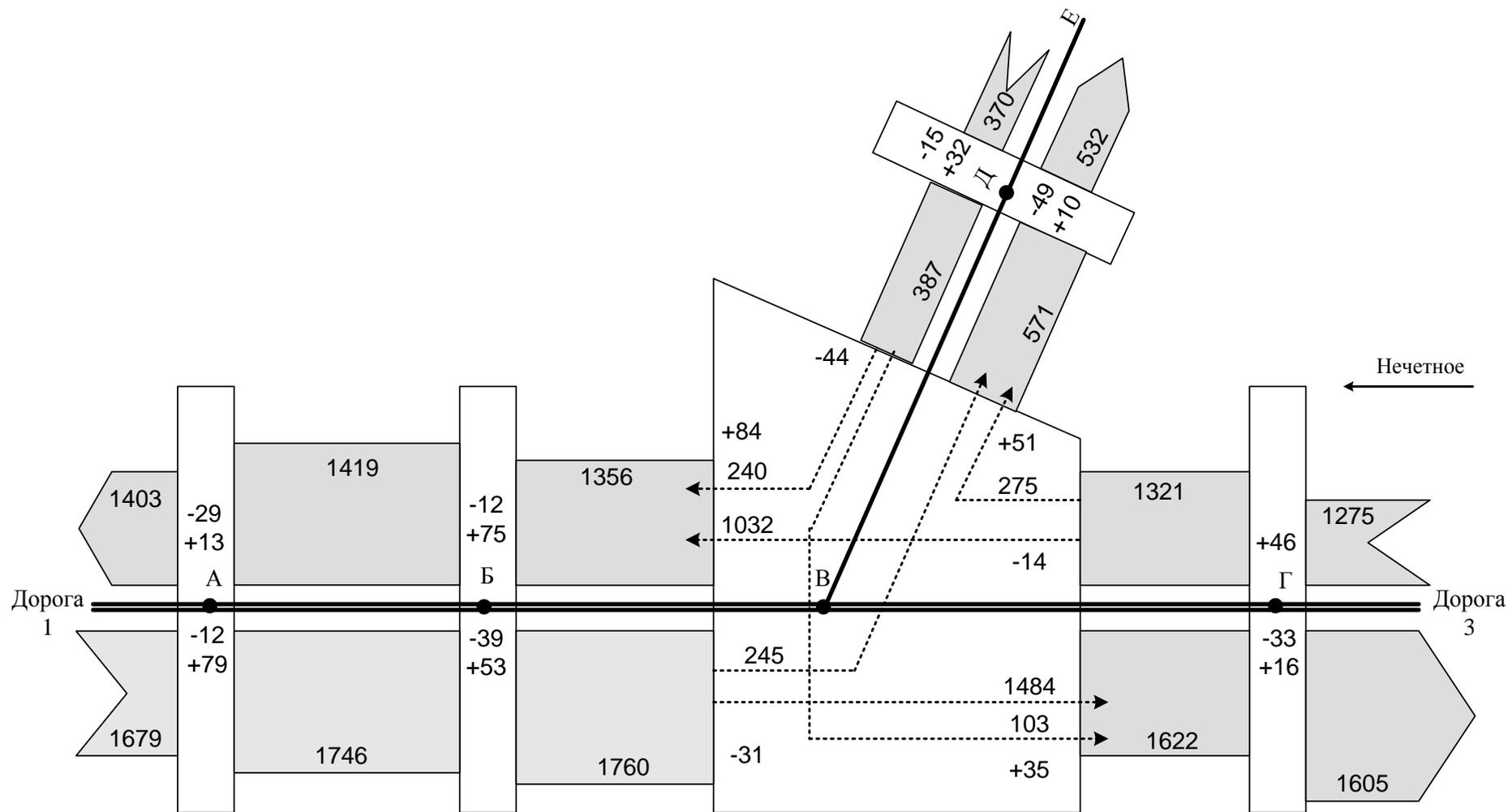


Рис.4. Диаграмма грузеных вагонопотоков на расчетном полигоне

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 3. Для условий примера 1 рассчитать избыток и недостаток порожних вагонов.

Решение.

Для расчета баланса порожних вагонов составляется таблица 4.

Дорога 1 грузит 1346 крытых вагонов. Выгрузка составляет – 265 ваг. Следовательно, на Дороге 1 имеется недостаток порожних крытых вагонов в количестве $1346-265=1081$ ваг.

Аналогично выполняется расчет по остальным станциям и участку Б-В.

1.4 Построение схем движения порожних вагонов

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

Пример 4. Для примера 3 установить направление следования порожних вагонов и построить схему их движения.

Решение.

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

Схема движения порожних вагонов строится по роду подвижного состава. На схеме против каждой станции (дороги, подразделения) указывается избыток (+) или недостаток (-) данного типа вагонов (рис.5).

Крытые порожние вагоны следуют в нечетном направлении. Их избыток создается на дороге 3, станциях Г, Д, Е. Недостаток порожних крытых вагонов на станциях В, Б, А, участке В-Б и на дороге 1.

Таблица 4 – Расчет баланса порожних вагонов

Станция	Погрузка (Прием)					Выгрузка (Сдача)					Избыток					Недостаток				
	крытые	полувагоны	платформы	прочие	<i>итого</i>	крытые	полувагоны	платформы	прочие	<i>итого</i>	крытые	полувагоны	платформы	прочие	<i>итого</i>	крытые	полувагоны	платформы	прочие	<i>итого</i>
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

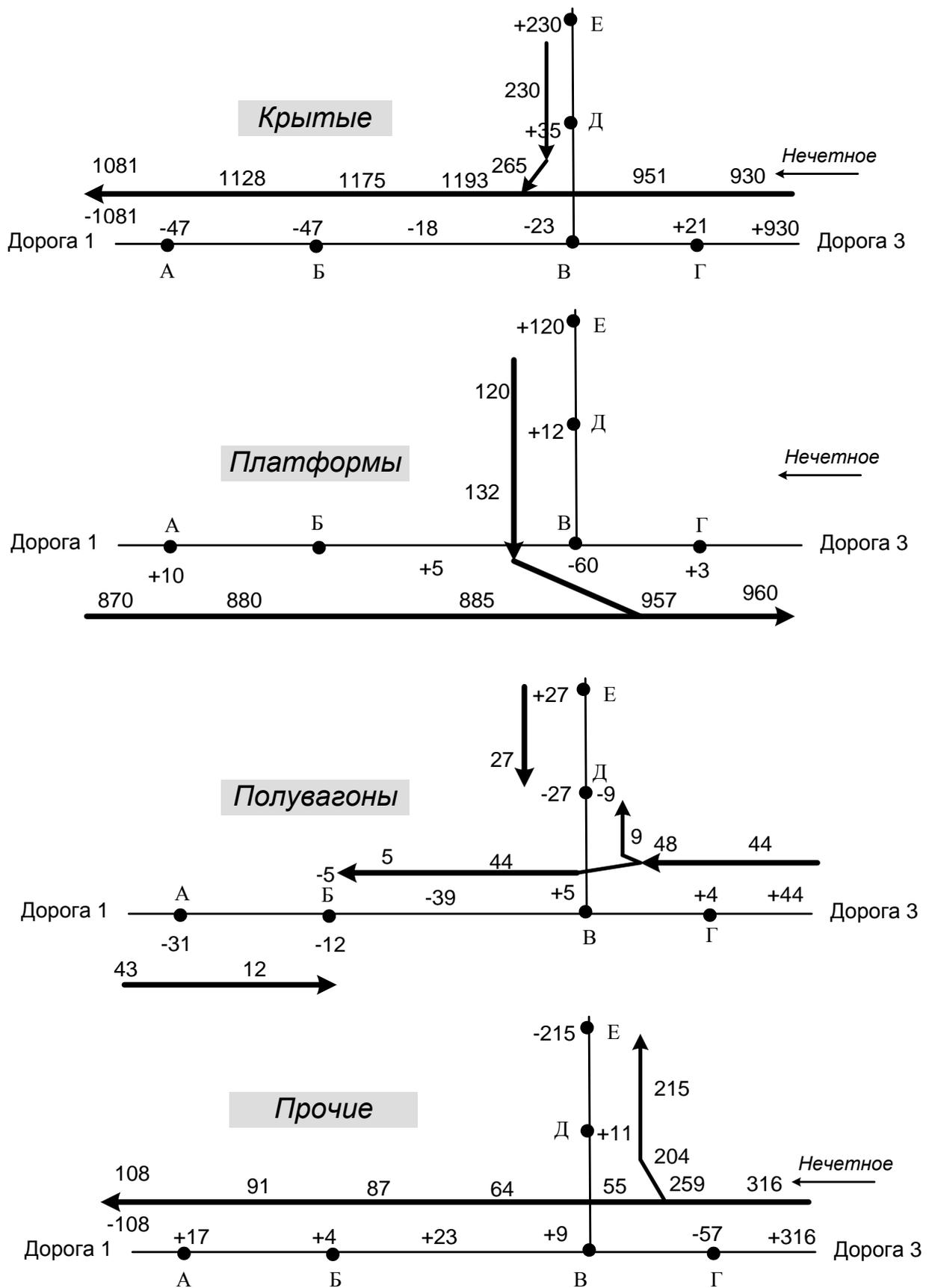


Рис. 5. Схемы движения порожних вагонов

1.5 Расчет веса и длины состава грузовых поездов

Расчет веса грузовых поездов производится по двум параметрам [17]: по типу и серии локомотива и по длине станционных путей.

В зависимости от типа и серии локомотива вес состава поезда определяется по формуле

$$Q_c = \frac{F_{кр} - P_l \cdot (\omega_o' + i_p)}{(\omega_o'' + i_p)}, \text{ т} \quad (1)$$

где $F_{кр}$ – касательная расчетная сила тяги локомотива, кгс;

P_l – вес локомотива, т;

i_p – руководящий уклон на рассматриваемом полигоне (участке, дороге, направлении).

ω_o' – основное удельное сопротивление движению локомотива, кгс/т;

ω_o'' – основное удельное сопротивление движению вагонов, кгс/т.

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

Основное удельное сопротивление движению локомотива находится по формуле:

$$\omega_o' = 1,9 + 0,01 \cdot V_p + 0,0003 \cdot V_p^2, \text{ кгс/т} \quad (2)$$

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

Основное удельное сопротивление движению вагонов находится по формуле:

$$\omega_o'' = 0,7 + \frac{(3 + 0,1 \cdot V_p + 0,0025 \cdot V_p^2)}{q_o}, \text{ кгс/т} \quad (3)$$

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

$$q_o = \frac{q_{бр}}{K_o^{ср}}, \text{ т/ось} \quad (4)$$

где $q_{бр}$ – средний вес брутто вагона, т/ваг;

$$q_{бр} = q_m + P_{см}, \text{ т/ваг} \quad (5)$$

q_m – средний вес тары вагона, т/ваг, (можно принять среднесетевое значение);

P_{cm} - средняя статическая нагрузка вагона, т/ваг, (можно принять среднесетевое значение).

K_o^{cp} – средневзвешенное количество осей вагона, осей/ваг

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

$$K_o^{cp} = \sum \frac{u_i}{u} \cdot K_i, \text{ ось/ваг} \quad (6)$$

где u_i - количество вагонов с различным числом осей в структуре вагонного парка, ваг;

u - общее количество вагонов, ваг.

K_i - число осей у соответствующей структурной группы вагонов (4, 6, 8 осей)

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 вес состава поезда определяется по формуле:

$$Q_c = P_{nog} \cdot (l_{пол} - k_{лок} \cdot l_{лок} - 10), \text{ т} \quad (7)$$

где P_{nog} – 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 может быть определены по отчетным данным или рассчитана по формуле

$$P_{nog} = \frac{Q_{бр}}{l_{ваг}}, \text{ т/пог. м} \quad (8)$$

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

За расчетный вес грузового поезда $Q_{бр}$ принимается наименьшее из рассчитанных по формулам (1) и (7) значение веса состава поезда. Полученный расчетный вес поезда округляется в меньшую сторону до значения, кратного 50.

Число вагонов в составе груженого поезда определяется по формуле:

$$m_c^{zp} = \frac{Q_{\bar{b}p}}{q_{\bar{b}p}}, \text{ ваг} \quad (9)$$

$Q_{\bar{b}p}$ – установленный по формулам (1) и (7) расчетный вес поезда:

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

$$m_c^{nop} = \frac{l_{\text{пол}} - k_{\text{лок}} \cdot l_{\text{лок}} - 10}{l_{\text{ваг}}}, \text{ ваг} \quad (10)$$

Пример 5. Определить расчетный вес и число вагонов в составе груженого и порожнего поездов, если тяговое обслуживание производится тепловозами серии 2ТЭ10М на участке с руководящим уклоном $i_p = 10\text{‰}$. 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-минимальная скорость $V_p = 23,4$ км/ч.

Тогда основное удельное сопротивление движению локомотива

$$\omega_o' = 1,9 + 0,01 \cdot 23,4 + 0,0003 \cdot (23,4)^2 = 2,3 \text{ кгс}/\text{м}$$

Исходя из имеющейся структуры вагонопотока, средневзвешенное количество осей вагона

$$K_o^{cp} = \frac{4500 - 500}{4500} \cdot 4 + \frac{500}{4500} \cdot 8 = 4,44 \text{ ось}/\text{ваг},$$

Тогда нагрузка на ось вагона составит

$$q_o = \frac{70}{4,44} = 15,77 \text{ т}/\text{ось}$$

Основное удельное сопротивление движению вагонов

$$\omega_o'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 23,4 + 0,0025 \cdot (23,4)^2}{15,77} = 1,13 \text{ кгс}/\text{м}$$

Вес поезда в зависимости от серии локомотива определяется

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

Для расчета веса поезда по длине станционных путей определяется погонная нагрузка

$$P_{\text{поз}} = \frac{70}{15} = 4,67 \text{ т/поз.м}$$

Тогда вес поезда по длине станционных путей будет равен

$$Q_c = 4,67 \cdot (1050 - 1 \cdot 34 - 10) = 4698 \text{ т}$$

В качестве расчетного принимается вес поезда $Q_{\text{бр}} = 4250 \text{ т}$

Определяется число вагонов в составе груженого поезда

$$m_c^{\text{зп}} = \frac{4250}{70} = 60,71 \approx 60 \text{ ваг}$$

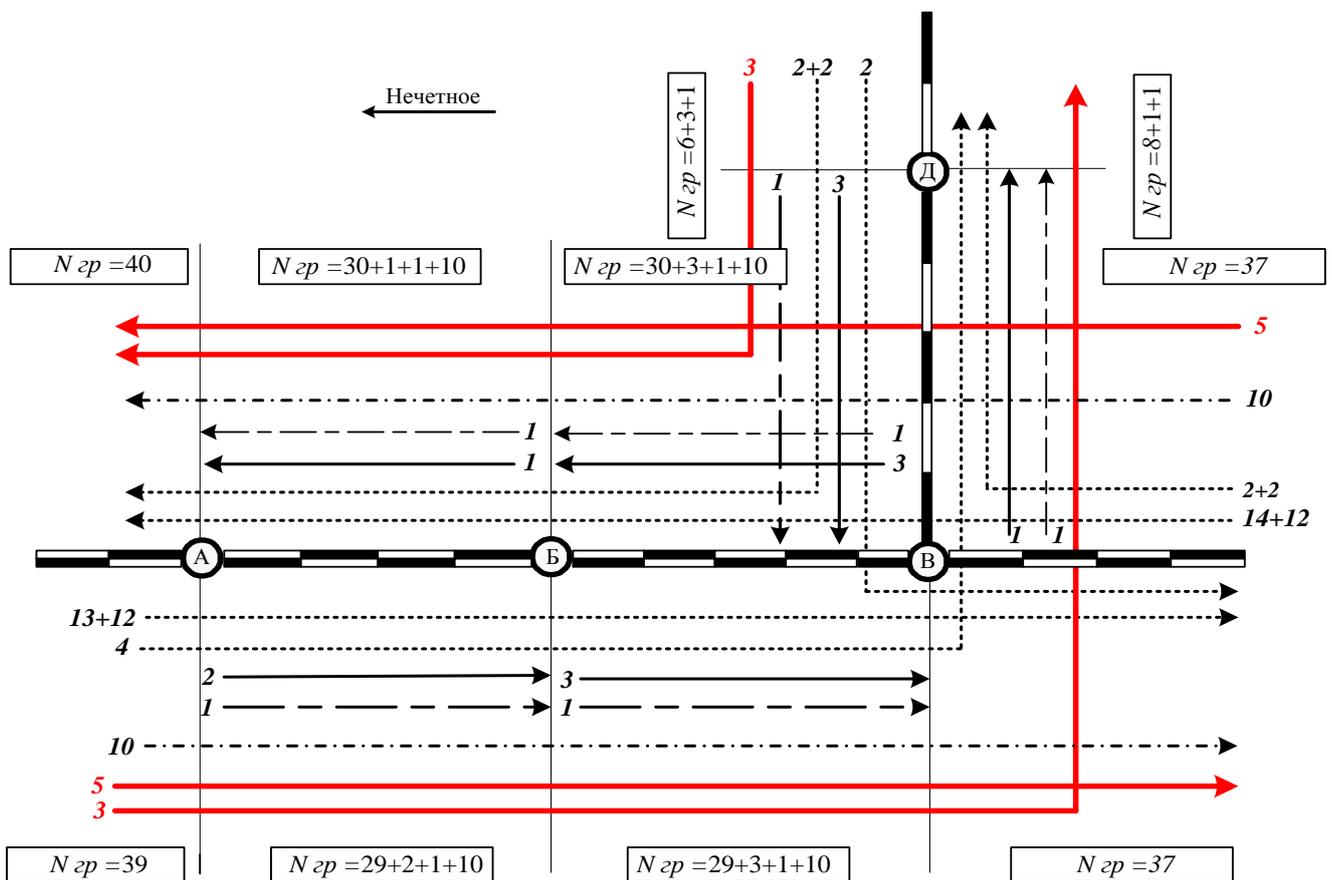
$$m_c^{\text{ноп}} = \frac{1050 - 1 \cdot 34 - 10}{15} = 67,07 \approx 67 \text{ ваг}$$

Ответ: $Q_{\text{бр}} = 4250 \text{ т}$, $m_c^{\text{зп}} = 60 \text{ ваг}$,

$$m_c^{\text{ноп}} = 67 \text{ ваг}$$

1.7 Построение схемы поездопотоков

Диаграмма (схема) поездопотоков строится на основании разработанных диаграмм груженых и схем порожних вагонопотоков, рассчитанного плана формирования поездов, определенного количества вагонов в составах груженых и порожних грузовых поездов. На рисунке 7 приведена схема поездопотоков на выделенных участках железнодорожного полигона. Поезда на схеме показываются согласно принятым условным обозначениям. В прямоугольниках указано общее число грузовых поездов, которое следует по участку, по категориям (сквозные, участковые, сборные, отправительские маршруты).



Условные обозначения:

- Сквозные поезда (груженые+порожние)
- · - · - Отправительские маршруты
- Участковые поезда
- Сборные поезда
- (красная линия) Пассажирские поезда

Рис. 7. Схема поездопотоков

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

2. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕСТНОЙ РАБОТЫ НА УЧАСТКАХ ПОЛИГОНА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

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

- изменениями, произошедшими в нашей стране в конце XX – начале XXI века, 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 настоящее время требуют сокращения сроков доставки грузов, их сохранность при наименьших финансовых затратах. Именно для повышения скоростей доставки грузов Российские железные дороги электрифицируют основные направления, увеличивают длину приемоотправочных и сортировочных путей. Однако, как показывает практика, замедление продвижения вагонопотока происходит при выполнении местной и сортировочной работы. Кроме того, именно организация местной работы оказывает наибольшее влияние на дальнейшее продвижение вагонопотока.

Местная работа железной дороги включает в себя комплекс операций с вагонами, которые для рассматриваемого железнодорожного полигона являются местными. Для станции – это вагоны, которые погружены на самой станции и приняты в груженом состоянии с других подразделений для выгрузки, а также с порожние вагоны для обеспечения погрузки и освобожденные после выгрузки. Для железных дорог – филиалов ОАО «РЖД» – 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 и диспетчерскими локомотивами по готовности состава, диспетчерским расписанием и согласно графику их работы;

- прицепкой групп вагонов к участковым поездам, при условии полного использования участковой нормы длины и веса поезда и отцепкой их на станциях;

- использования для развоза местного груза локомотивов, следующих резервом, хозяйственных (не более 10 вагонов вкл.).

Схема последовательности выполнения расчетов в данном разделе приведена на рисунке 8.



Рис.8. Логическая схема выполнения раздела 2

2.1 Определение объема работы на промежуточных станциях участка

В качестве пунктов зарождения груженых и порожних вагонопотоков выступают:

- станции погрузки и станции отправления порожних вагонов по полным документам 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.

В расчетно-графической работе, курсовом проекте, как правило, задается процент распределения вагонов между станциями погрузки и выгрузки.

Пример 9. Для участка Б-В (пример 1) составить таблицу местных вагонов. На участке расположено 5 промежуточных станций, открытых для грузовой работы. Процент распределения вагонов между станциями задан в таблице 10. Рассчитать баланс порожних вагонов.

Таблица 10 – 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

Решение.

На участок Б-В в четном направлении под выгрузку поступает 28 вагонов: 17 крытых, 9 прочих, 2 полувагона. В нечетном направлении под выгрузку поступает 38 вагонов: 5 крытых, 14 прочих, 14 полувагонов и 5 платформ.

На станциях участка в четном направлении грузится 50 вагонов: 20 крытых и 30 полувагонов. В нечетном направлении погрузка составляет 45 вагонов: 20 крытых и 25 полувагонов.

Распределение вагонов выполняется в таблице 11.

Баланс порожних вагонов рассчитывается в таблице 12.

Таблица 11 – 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		
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 12 – 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. 11) и рассчитанному балансу порожних вагонов (табл. 12).

Диаграмма разрабатывается в следующей последовательности.

- Рисуются схема рассматриваемого участка.
- Условными обозначениями наносятся технические станции, ограничивающие участок.
 - Через середины условных обозначений технических станций проводится ось, разделяющая четное и нечетное направления движения.
 - Между техническими станциями последовательно наносятся промежуточные станции участка в виде прямоугольников.
 - В прямоугольниках каждой станции отдельно по направлению движения записываются сведения о прицепке и отцепке вагонов. Эти сведения выбираются из табл. 11 и табл. 12. В числителе указывается количество груженых вагонов, в знаменателе – количество порожних вагонов.

- Со знаком «+» записывается прицепка вагонов. Прицепляются все погрузенные в соответствующем направлении груженые вагоны (табл. 11) и порожние вагоны, оставшиеся на станции в избытке после выгрузки (табл. 12). При прицепке порожних вагонов по роду подвижного состава необходимо учитывать направление следования «порожняка» согласно ранее разработанных схем движения порожних вагонов (рис. 5).

- Отцепка указывается со знаком «-». Подлежат отцепке груженые вагоны, следующие под выгрузку на станцию, и порожние вагоны следующие на станцию для обеспечения погрузки (недостаток «порожняка»). Следующие на участок порожние вагоны по роду подвижного состава должны следовать в направлении следования «порожняка», установленного на схемах движения порожних вагонов (рис. 5).

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

- 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 следующих 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.

- 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 10. Для участка Б-В (пример 8) разработать диаграмму груженых и порожних местных вагонопотоков.

Решение.

Согласно схем движения порожних вагонов (рис. 5) на участке Б-В в четном направлении следуют только порожние платформы. Эти платформы имеются в избытке (табл. 12) на станции 1 (одна платформа), на станции 2 (две платформы) и на станции 5 (две 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.5), подводятся на участок в нечетном направлении.

На основании таблиц 11, 12 строится диаграмма местных вагонопотоков. На диаграмме показываются вагоны, следующие под выгрузку, погруженные вагоны и порожние.

С четной стороны под выгрузку на участок Б-В поступает 28 вагонов (табл.11, графа «выгрузка – четная – итого»). По прибытии на станцию 1 от этого вагонопотока отцепляется 6 груженых вагонов и прицепляется 10 груженых и 1 порожний вагон.

Со станции на перегон 1-2 выходит 32 груженых и 1 порожний вагон ($28 - 6 + 10/1 = 32/1$).

Со станции 2 на перегон 2-3 отправляется 37 груженых и 3 порожних вагонов ($32/1 - 5 + 10/2 = 37/3$).

Со станции 3 на перегон 3-4 отправляется 44 груженых и 3 порожних вагонов ($37/3 - 8 + 15/0 = 44/3$).

Со станции 4 на перегон 4-5 отправляется 48 груженых и 3 порожних вагонов ($44/3 - 6 + 10/0 = 48/3$).

Со станции 5 на перегон 5-В отправляется 50 груженых и 5 порожних вагонов ($48/3 - 3 + 5/2 = 50/5$).

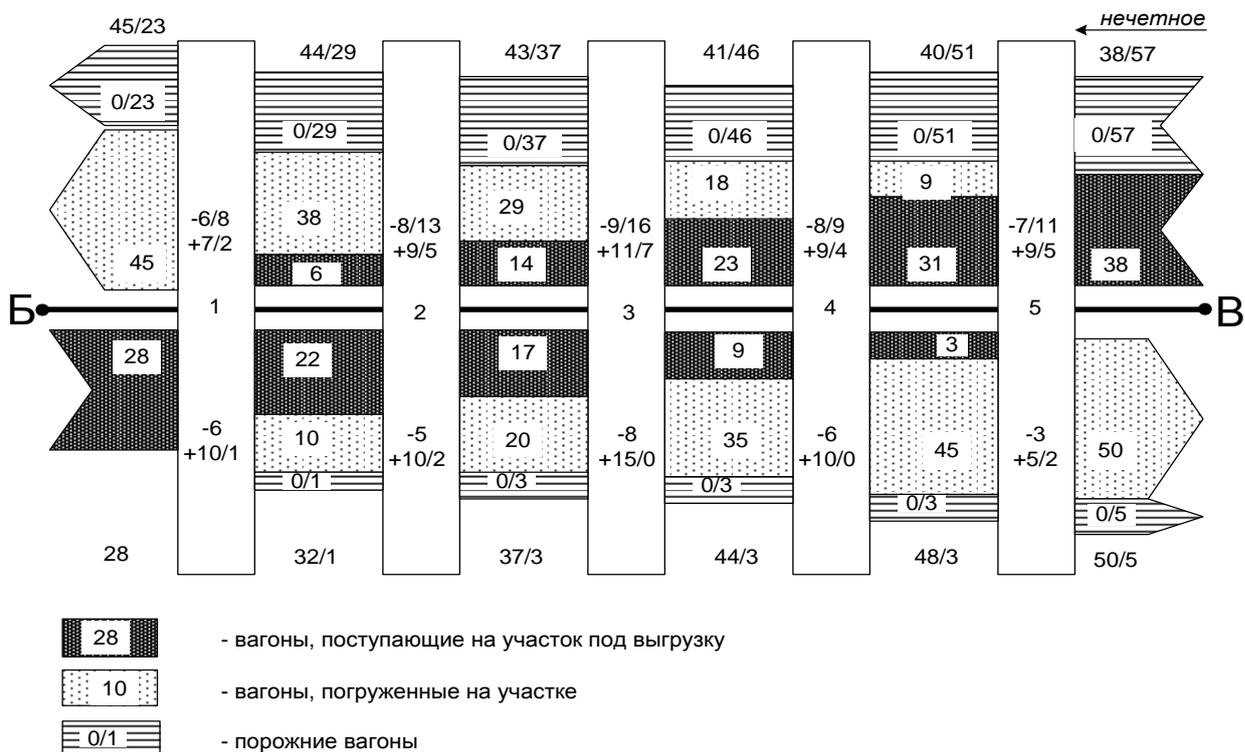


Рис. 9. Диаграмма местных вагонопотоков на участке Б-В

В итоге на станцию В с рассматриваемого участка поступает 50 погруженных вагонов (табл.11, графа «погрузка – четная – итого») и 5 порожних вагонов (табл.12, графа «избыток порожних вагонов – платформы – итого»).

Аналогично рассчитываются 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).

На перегоне 1-2 в четном направлении густота вагонопотока составляет 32/1 вагонов, в нечетном – 44/29 вагонов.

2.3 Расчет числа поездов, обслуживающих местную работу

Расчет числа сборных поездов, обслуживающих местную работу выполняется на основании разработанной диаграммы вагонопотоков и установленных веса и длины грузовых поездов. Вес и величина состава поезда определяются по Правилам тяговых расчетов. Расчет числа поездов в зависимости от силы тяги локомотива производится по формуле:

$$N = \frac{n_{зр} \cdot q_{бр} + n_{пор} \cdot q_m}{Q_{бр}^F} \quad (16)$$

Где $n_{зр}$ и $n_{пор}$ - число груженых и порожних вагонов на расчетном перегоне (густота), ваг; $q_{бр}$ и q_m - соответственно вес вагона брутто и вес тары вагона, т.; $Q_{бр}^F$ - вес поезда брутто, установленный по силе тяги локомотива, т.

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

$$N = \frac{(n_{зр} + n_{пор}) \cdot l_{ваг}}{l_{пол} - l_{лок} - 10} \quad (17)$$

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

Пример 11. Рассчитать число поездов, обслуживающих местную работу на участке Б – В. Вес 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. Вес вагона брутто $q_{бр} = 80$ т, тары $q_m = 22$ т. Густоту вагонопотока принять из примера 10.

Решение

Расчет числа поездов выполняется по максимальной величине густоты вагонопотока на перегонах участка Б-В.

В четном направлении максимальная величина на перегоне 5 – В (50/5 вагонов), в нечетном направлении – на перегоне В – 5 (38/57 вагонов).

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

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

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

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

Итак, 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.

Возможные варианты обслуживания промежуточных станций участка приведены на рисунке 10:

1. сборные поезд обслуживает все промежуточные станции участка;
2. зонные сборные поезда;
3. дополнительно к сборному поезду может быть назначен вывозной поезд;

4. сборный поезд останавливается только на выделенных промежуточных станциях (опорных) с применением разъездных маневровых локомотивов.

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

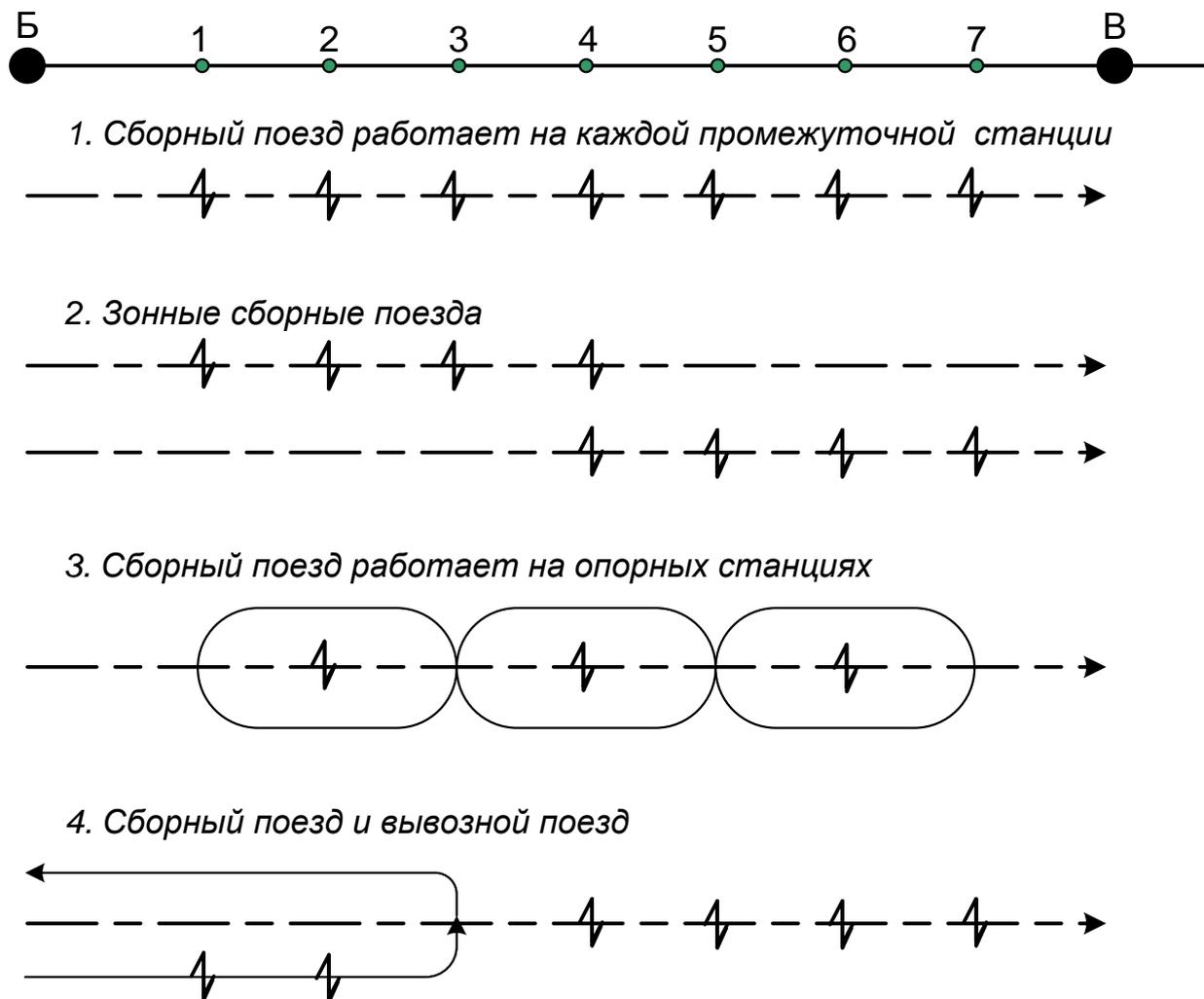


Рис. 10. Варианты обслуживания промежуточных станций сборными поездами

Для принятия решения о способе обслуживания промежуточных станций участка общего расчета по максимальной величине густоты вагонопотока недостаточно. Желательно произвести расчет по формулам (16) и (17) для всех перегонов рассматриваемого участка.

Результаты расчета для наглядности сводят в таблицу 13.

Таблица 13 – 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
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Пример 12. По данным примера 10 выбрать способ обслуживания промежуточных станций участка Б-В.

Решение.

Произведем расчет количества сборных поездов для всех перегонов участка Б-В по формулам (16) и (17). Результаты расчета представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет числа поездов, обслуживающих местную работу

Уча- сток	Пере- гон	Число вагонов		Количество поездов					
				По силе тяги локомотива		По полезной длине приемо-отправочных путей		Прини- маемое	
		неч	чет	неч	чет	неч	чет	неч	чет
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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		

По результатам расчета, представленного в таблице 14 можно сделать окончательный вывод, что на участке Б-В необходимо принять следующий вариант: в четном направлении следует один сборный поезд (с работой на всех станциях участка); в нечетном – два сборных поезда (т.к. на всех пе-

регионах, кроме перегона Б-1 требуется два сборных поезда из-за недостаточности длины приемо-отправочных путей на станциях).

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

От выбранной схемы прокладки сборных поездов зависит общий простой местных вагонов на промежуточных станциях.

В случае, когда на участке работает одна пара сборных поездов, тогда простой вагонов на промежуточных станциях зависит от взаимного расположения их на графике. Принципиальные схемы их взаимного расположения приведены на рисунке 11.

Минимальный интервал между прибытием на техническую станцию сборного поезда определяется временем, необходимым для выполнения грузовых операций (t_{2p})

Выбор схемы производится на основе анализа местного вагонопотока на участке. Весь вагонопоток, следующий по участку можно поделить на категории:

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.

Значения n_1 , n_2 , n_3 и n_4 принимаются по диаграммам местных вагонопотоков (рис. 9).

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.

Схема 1. $n_1+n_4 > n_2+n_3$

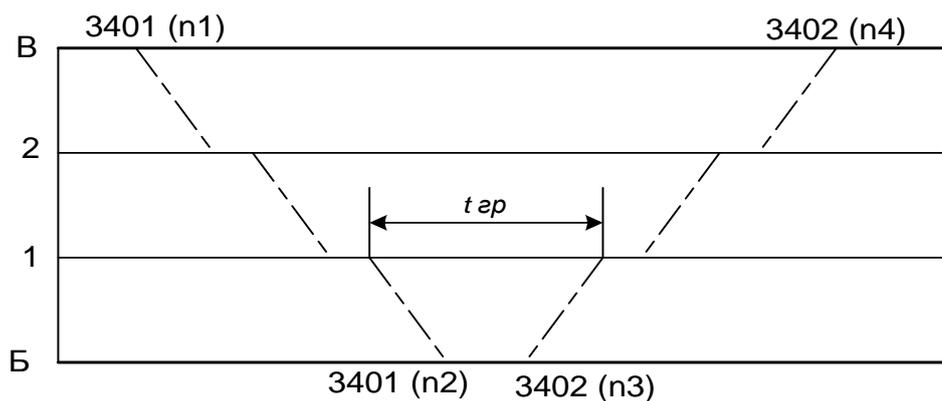


Схема 2. $n_1+n_4 < n_2+n_3$

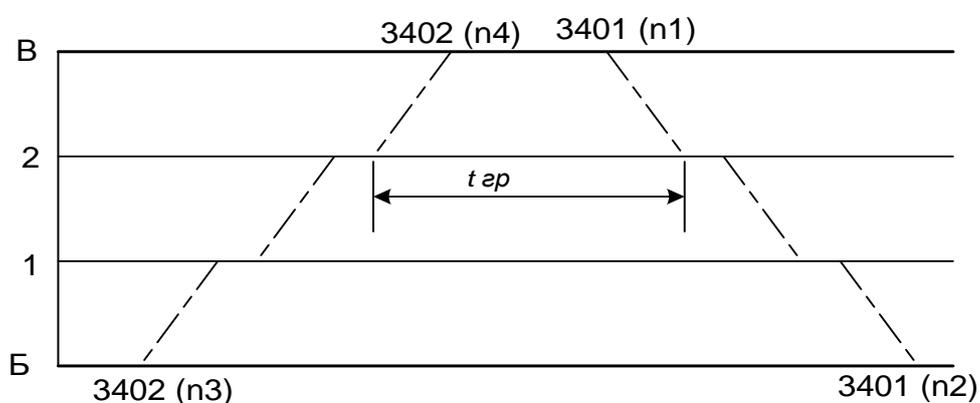
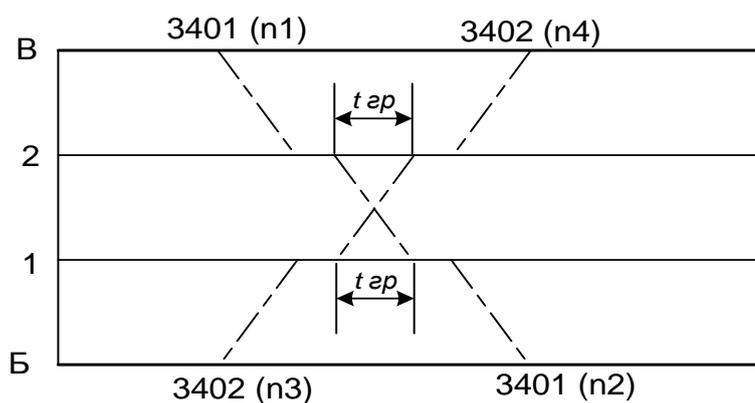


Схема 3. $n_1+n_4 = n_2+n_3$



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

Рис.11. Схемы взаимного расположения сборных поездов

При наличии двух и более сборных поездов в одном направлении схемы возможной прокладки приведены на рисунке 12.

Схема 4.

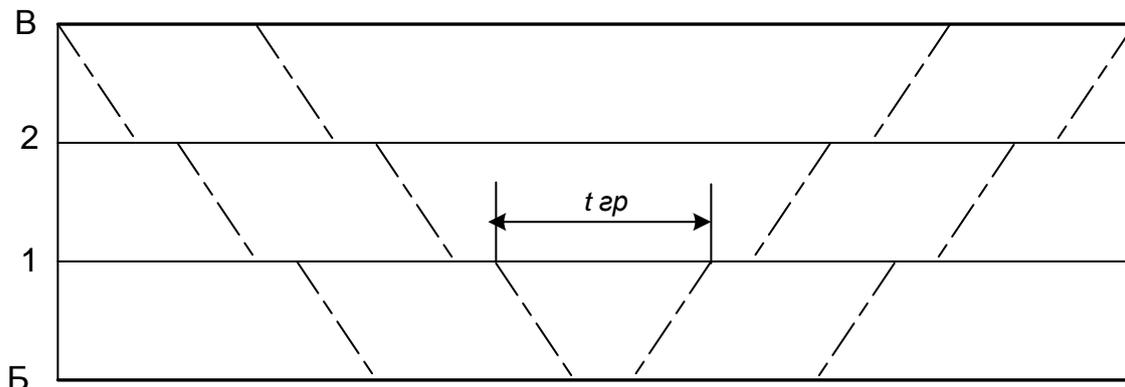


Схема 5.

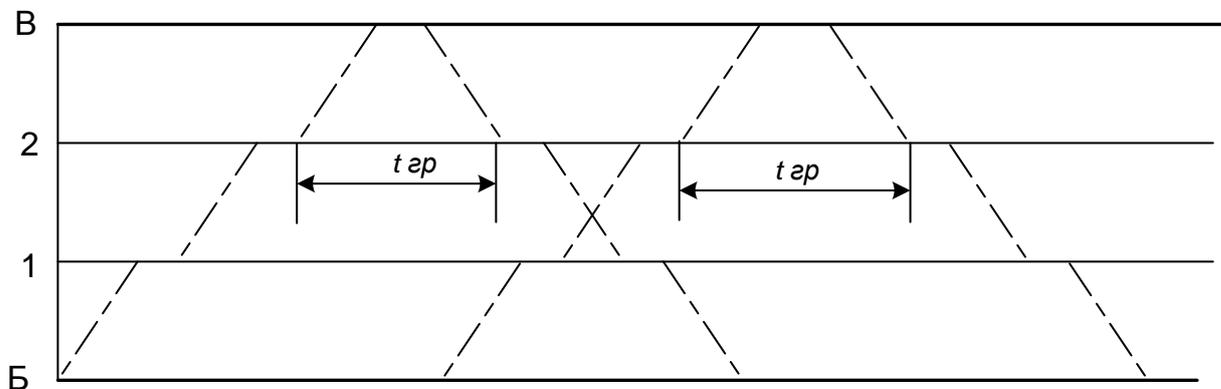


Рис.12. Схемы возможной прокладки попутных сборных поездов

Пример 13. По данным примера 9 выбрать способ обслуживания промежуточных станций участка Б-В.

Решение.

В рассматриваемом примере $n_1 + n_4 > n_2 + n_3$ ($38/57 + 50/5 > 28 + 45/23$), выбирается Схема 1 (рис 11) прокладки сборных поездов. А т.к. в нечетном направлении следует два сборных поезда, то сначала по участку пройдет с работой на станциях пара сборных поездов №3401 и №3402, а затем на участок выйдет сборный поезд №3403.

Время T_{cm}^B между прибытием на станцию Б сборного поезда №3401 и отправлением с этой же станции встречного сборного поезда №3402 должно быть не меньше времени выполнения грузовых операций на бли-

жайшей промежуточной станции t_{2p} за вычетом времен хода нечетного $t_x^{неч}$ и четного $t_x^{чет}$ сборных поездов.

$$T_{cm}^B \geq t_{2p} - (t_x^{неч} + t_x^{чет})$$

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

$$T_{cm}^B \geq t_{2p} - (t_x^{неч} + t_x^{чет})$$

Тогда схема обслуживания промежуточных станций участка Б-В будет выглядеть следующим образом.

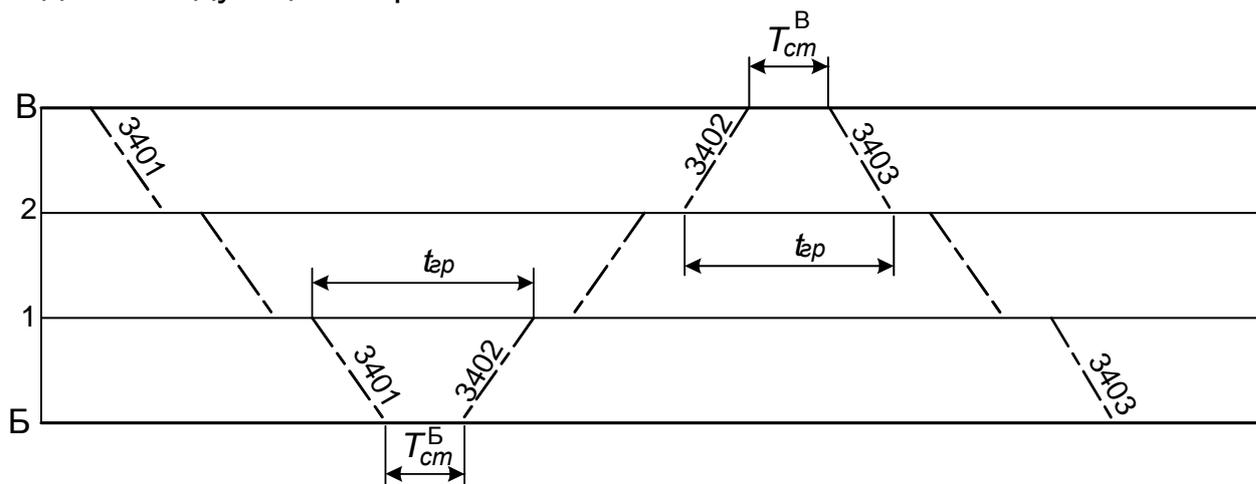


Рис. 13. Схема обслуживания промежуточных станций участка Б-В сборными поездами.

2.5 Расчет времени работы сборного поезда на промежуточной станции

Время работы сборного поезда на промежуточных станциях складывается из двух элементов:

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 [9, 13] с учетом рациональной технологии их выполнения. Формулы для

расчета времени работы сборного или вывозного поезда приведены в таблице 15. Нормы времени, на дополнительные технологические операции, входящие в состав маневровой работы приведены в Приложении 2 настоящего пособия.

Пример 20. В четном направлении на участке Б-В работает один сборный поезд. На станции 1 выполняется отцепка 6 вагонов и прицепка 10/1 вагонов. 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, рассчитывается по формуле

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

Время на маневровую работу, выполняемую маневровым локомотивом, рассчитывается по формуле:

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

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

В 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.

После расчета времени на выполнение маневровой работы составляется технологический график работы сборного поезда [13] приведенный на рис. 17.

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 и др.

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

Условные обозначения: $n_{отц}$ - 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;

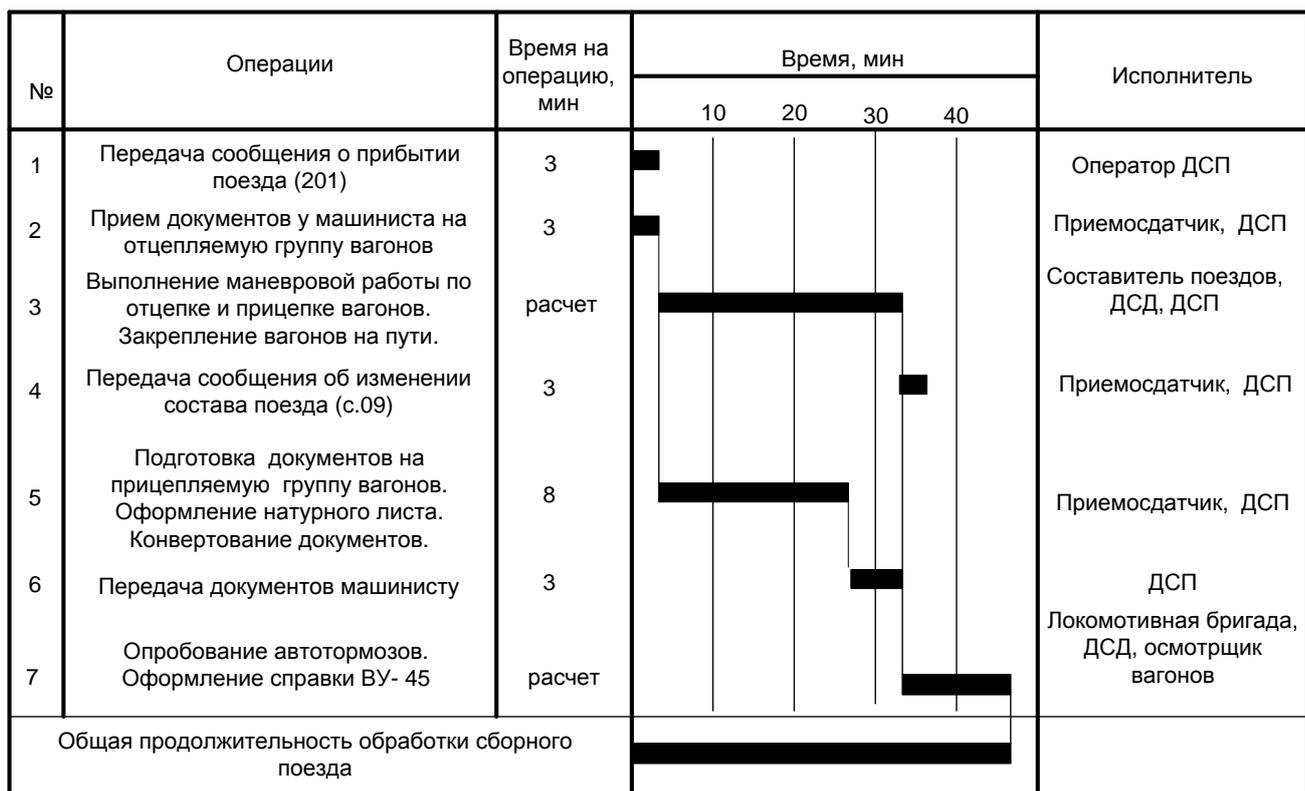


Рис. 17. Технологический график обработки сборного поезда на промежуточной станции

2.6 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 показана на рис. 18.

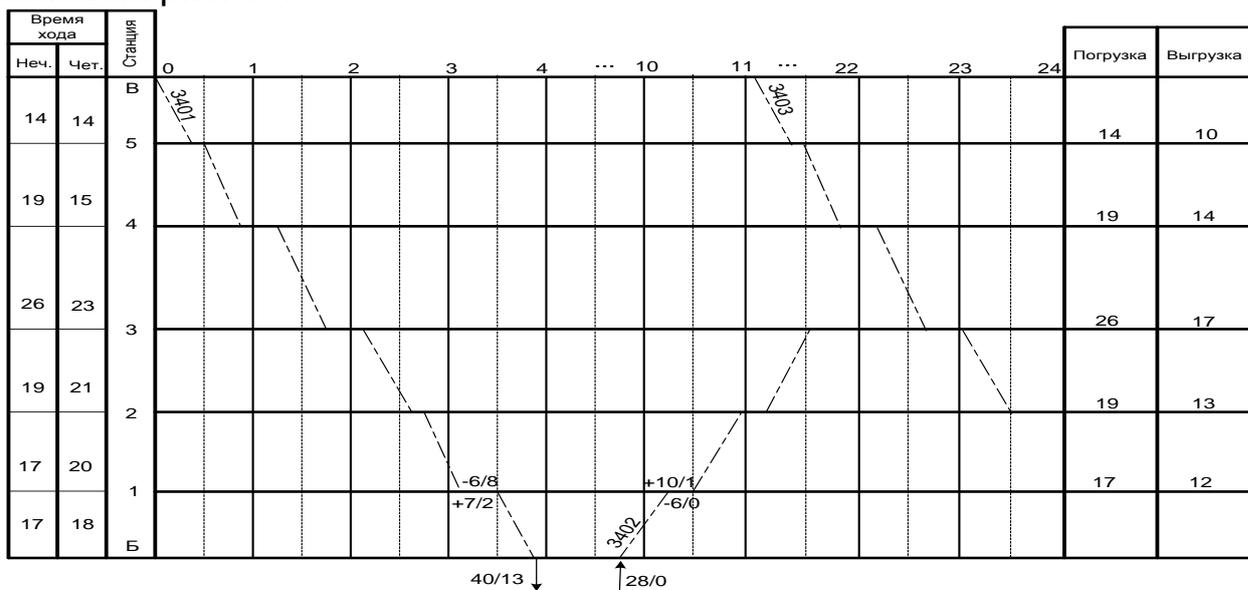


Рис.18. Фрагмент плана-графика местной работы

На плане-графике показывается 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, показывается отцепка (-) и прицепка (+) вагонов. В числителе указывается число груженых вагонов, в знаменателе – порожних.

По каждой станции сумма отцепляемых вагонов равна сумме прицепляемых (с учетом порожних вагонов).

2.7 Расчет показателей местной работы

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

1. вагоно-часы простоя местных вагонов ($\sum nt_{общ}$);
2. количество местных вагонов (U_M);
3. количество грузовых операций ($U_n + U_B$);
4. простой местного вагона (t_M);
5. простой местного вагона, отнесенный на одну грузовую операцию ($t_{сп.оп.}$).

Расчет показателей выполняется с использованием таблицы 16.

Таблица 16 – 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 участку определяется по формуле:

$$t_M = \frac{\sum nt_M}{U_M}, \text{ ч} \quad (30)$$

Где $\sum nt_m$ - общие вагоно-часы простоя местных вагонов по станции (по участку); U_m - количество местных вагонов.

$$U_m = U_v + U_{пор}^{n.погр} = U_n + U_{пор}^{выгр}, \text{ваг} \quad (31)$$

Где U_v, U_n - количество выгруженных и погруженных вагонов; $U_{пор}^{n.погр}, U_{пор}^{выгр}$ - число порожних вагонов соответственно прибывших под погрузку и отправленных со станции после выгрузки.

Коэффициент сдвоенных операций определяется по формуле:

$$K_{сдв} = \frac{U_n + U_v}{U_m} \quad (32)$$

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

$$t_{гр.оп.} = \frac{\sum nt_m}{U_n + U_v}, \text{ час} \quad (33)$$

или

$$t_{гр.оп.} = \frac{t_m}{K_{сдв}}, \text{ час} \quad (34)$$

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

3 РАЗРАБОТКА ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ

Основой организации движения поездов является график движения, который объединяет деятельность всех подразделений и выражает план эксплуатационной работы железных дорог. График движения поездов - 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, тяго-

вых подстанций, пунктов технического обслуживания и других подразделений железных дорог, связанных с движением поездов.

Нарушение графика движения поездов не допускается [1].

График движения поездов должен обеспечивать:

- 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.

Таким образом, график движения поездов – это документ, регламентирующий работу всех подразделений железнодорожного транспорта по организации движения поездов. Он 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 графике выделяются специальные расписания для пропуска поездов повышенного веса 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)

Рассмотрение данного раздела рекомендуется выполнять по схеме, представленной на рисунке 19.



Рис.19. Последовательность выполнения расчетов по 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 отдельные 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 отдельных пунктов или осями их приемо-отправочных парков, если они не совпадают с осью станции.

Перегонные время хода поездов рассчитывают на основании Правил тяговых расчетов [17]. Время хода поездов определяют по данным тяговых расчетов с точностью до 0,1 мин. В ГДП принимается следующая точность расчетов [4, 5] – до целой минут в большую сторону.

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

Результаты расчета оформляются в специальной ведомости, которая содержит:

- для каких поездов ведется расчет (грузовые, ускоренные, пассажирские);
- направление следования (четное, нечетное);
- серия локомотива;
- установленная весовая норма поездов (туда и обратно);
- сумма перегонных времен хода на 1 пару поездов (в числителе – расчет, в знаменателе – принято);
- кто выполнил и проверил расчет времен хода;
- согласовываются с начальником службы перевозок и начальником локомотивной службы.

К ведомости прикладывается вкладыш, который содержит:

вид поезда, серию локомотива, вес состава (неч/чет), расстояние между отдельными пунктами, коды отдельных пунктов, чистое время хода поездов по перегону (по действующему графику, расчетное, принято по новому графику), и время на разгон, на замедление, на предупреждения,

после «окна», допускаемые скорости (на станционных путях – 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 [5].

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

Межпоездной интервал – это минимальное время в минутах, которым разграничивают поезда 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 отдельных 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 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 большую сторону.

В случае если величина станционного интервала зависит от скоростей движения поездов, то 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, 4, 5, 6, 7, 8]. При расчете учитывается возможность использования изолированных стрелочных секций в одном маршруте для передвижения по другому маршруту.

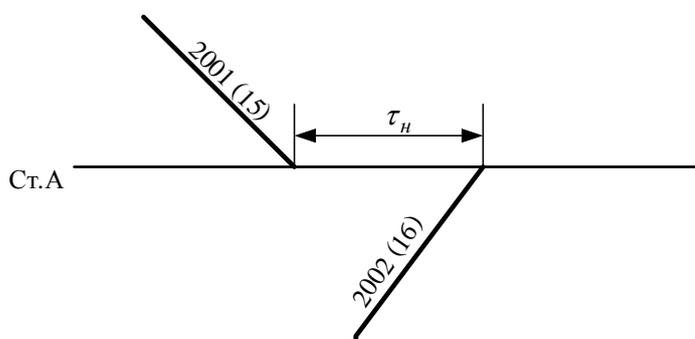
На величину интервалов влияют:

- 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);
- 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 отдельный пункт (с остановкой или безостановочно);
- установленный порядок выдачи машинисту локомотива разрешения на право занятия перегона.

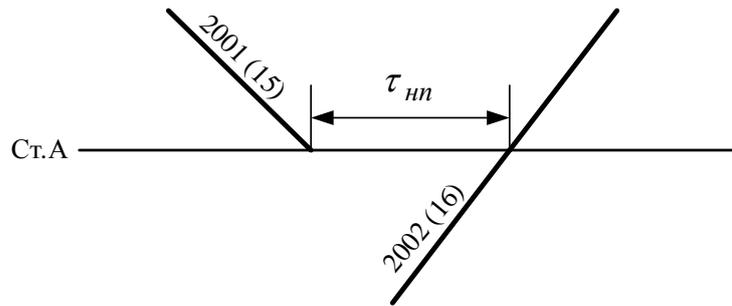
В зависимости от типа графика движения поездов (однопутный или двухпутный, параллельный или непараллельный, оборудован или не оборудован автоблокировкой) рассчитывают следующие станционные и межпоездные интервалы:

Интервалы для встречных поездов:

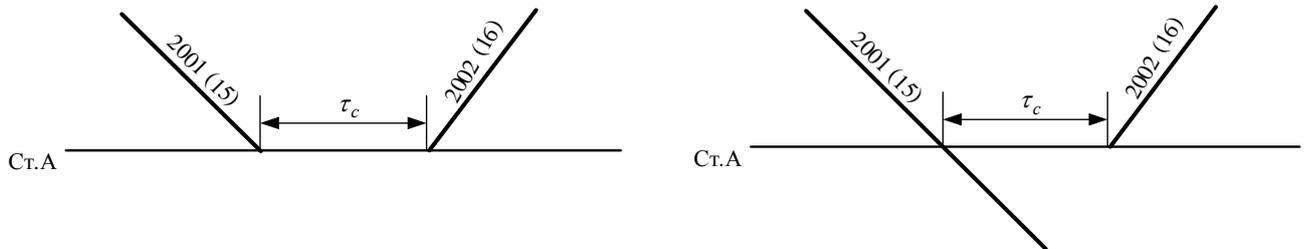
- интервал одновременного прибытия с остановкой обоих встречных поездов (τ_H);



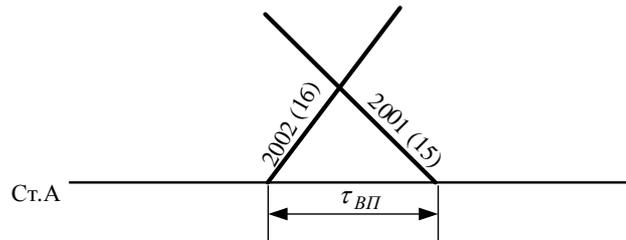
- интервал одновременного прибытия одного поезда с остановкой и проследования без остановки встречного поезда (τ_{HH});



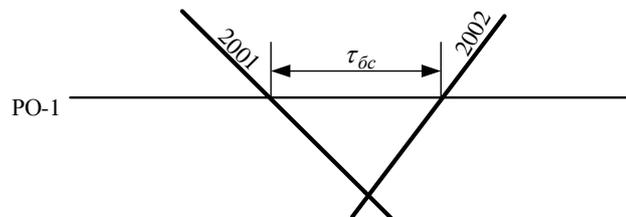
- интервал скрещения поездов (τ_c);



- интервал неодновременного отправления и встречного прибытия поездов при враждебных маршрутах ($\tau_{вп}$);

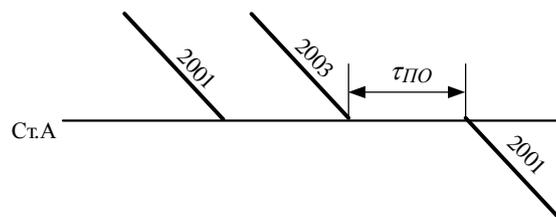


- интервал безостановочного скрещения поездов на двухпутной вставке ($\tau_{бс}$).

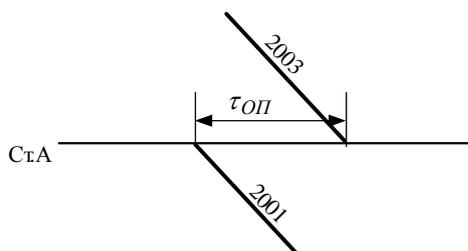


Интервалы для попутных поездов:

- интервал неодновременного прибытия и попутного отправления поездов ($\tau_{по}$);

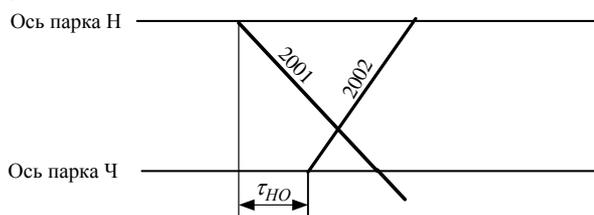


- интервал неодновременного отправления и попутного прибытия поездов ($\tau_{ОП}$).



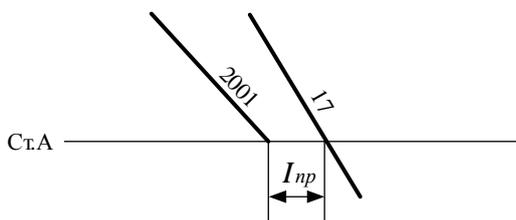
Интервал поездов противоположных направлений:

- интервал неодновременного отправления поездов противоположных направлений ($\tau_{НО}$).

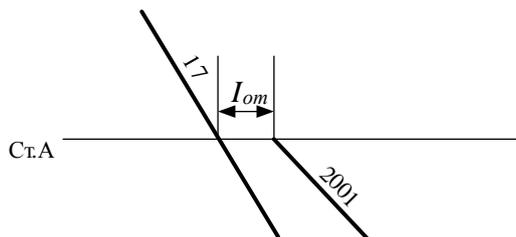


Интервалы попутного прибытия, отправления, проследования поездов:

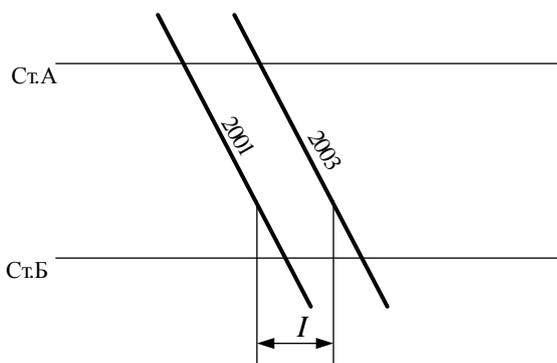
- интервал попутного прибытия поездов при автоматической блокировке (I_{np});



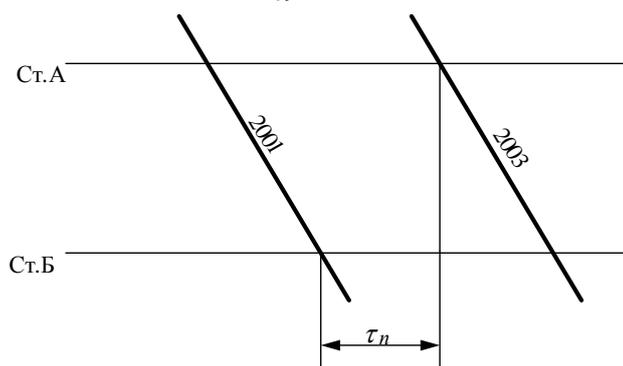
- интервал попутного отправления поездов при автоматической блокировке (I_{om});



- интервал между поездами на перегонах при автоматической блокировке (I);



- интервал попутного следования поездов на линиях, не оборудованных автоматической блокировкой (τ_n).



Примерные нормы времени на выполнение отдельных операций при приеме, отправлении и пропуске поездов приведены в Приложении 3 настоящего пособия.

Пример 21. Рассчитать интервал неодновременного прибытия поезд а с остановкой и проследования без остановки встречного поезда $\tau_{нн}$. Полезная длина приемо-отправочных путей на станции $l_{non}=1050$ м, длина поезда, проходящего через станцию $l_n = 950$ м, длина блок-участка приближения $l_{\text{ол}} = 2000$ м, длина четной входной стрелочной горловины на станции $l_{\text{вх}} = 450$ м, Скорость проследования поезда через станцию $V_x=60$ км/ч.

Решение.

Интервал неодновременного прибытия $\tau_{нн}$ – минимальное время от момента прибытия на раздельный пункт грузового или пассажирского поезда с остановкой до момента проследования без остановки встречного грузового либо пассажирского поезда.

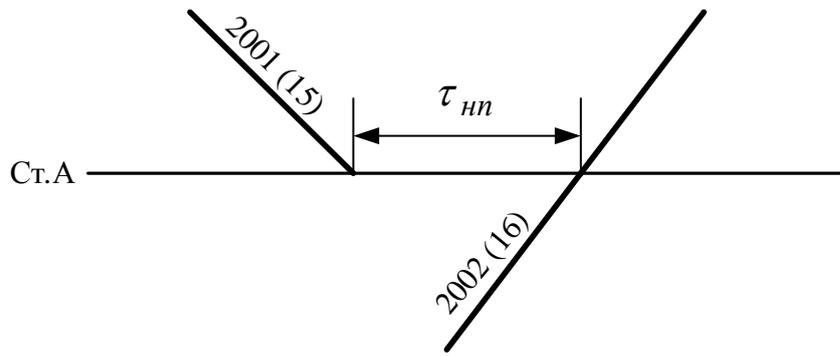


Рис.20. Фрагмент графика движения с интервалом неодновременного прибытия

Для расчета $\tau_{нп}$ необходимо нарисовать схему скрещения поездов на станции однопутного участка

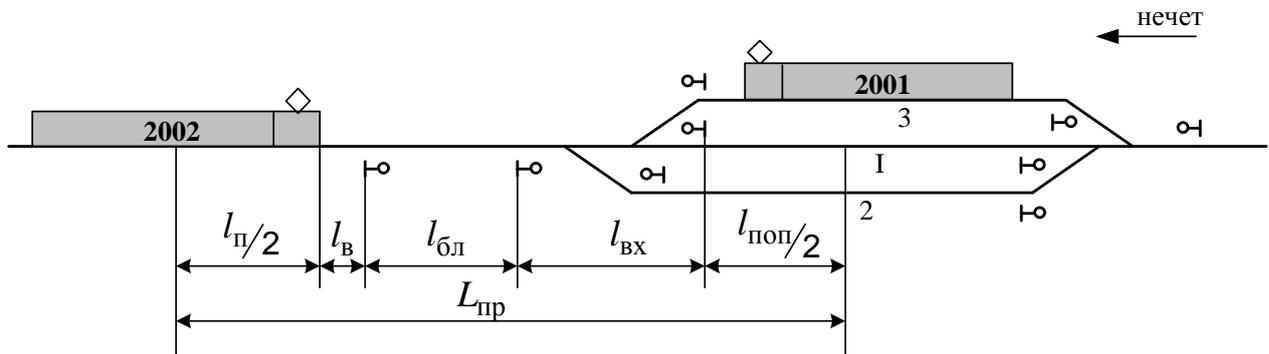


Рис.21. Схема скрещения поездов на станции однопутного участка

При достаточной длине приемоотправочных путей, для раздельного пункта поперечного типа на однопутной линии продолжительность интервала $\tau_{нп}$ включает время выполнения технологических операций по контролю прибытия первого поезда и приему встречного и время прохода встречным поездом расчетного расстояния $L_{пр}$ (оно определяется тяговыми расчетами).

Расчетное расстояние $L_{пр}$ равно:

$$L_{пр} = 0,5 \cdot l_n^{2002} + l_в + l_{бл}(l_T) + l_{вх} + 0,5 \cdot l_{ноп}, \text{ м} \quad (35)$$

где $l_в$ - расстояние, проходимое поездом за время восприятия показаний сигнала машинистом, $l_в = 50$ м;

l_T - длина тормозного пути в случае отсутствия перед входным светофором предупредительного сигнала, м.

Время прохода встречным поездом расчетного расстояния

$$T_{расч} = 0,06 \cdot \frac{L_{пр}}{V_x} = 0,06 \cdot \frac{0,5 \cdot 950 + 50 + 2000 + 450 + 0,5 \cdot 1050}{60} = 3,5 \text{ мин}$$

№ п/п	ОПЕРАЦИЯ	На операцию	Время, мин			
			1	2	3	4
1	Контроль ДСП прибытия поезда № 2001	0,1				
2	Приготовление маршрута маршрута пропуска № 2002	0,15				
3	Открытие входного и выходного сигналов поезду № 2002	0,05				
4	Проход поездом № 2002 расчетного расстояния $L_{пр}$	3,5	[Горизонтальная черта]			
	Продолжительность интервала	3,8	[Горизонтальная черта]			

Рис.22. Технологический график расчета интервала неодновременного прибытия

Ответ: $\tau_{нп} = 3,8 \approx 4 \text{ мин}$

Если встречным поездом является пассажирский, то при расчете данного интервала учитывают его длину и среднюю скорость движения при пропуске через раздельный пункт.

В случае, если разрешен одновременный прием поезда с остановкой и пропуск без остановки встречного поезда, эти поезда принимают так, 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 $L_{нп}$ 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 $L_{нп}$ с учетом длины блок-участка.

3.1.3. Продолжительность стоянки поездов для выполнения технических или технологических операций

К техническим относят стоянки для выполнения технических операций: смены локомотива 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.

Продолжительность стоянки поезда для производства технических и технологических операций определяется нормативами, которые устанавливаются для каждой станции отдельно расчетным путем. Они могут быть также установлены хронометражным путем.

Расчеты выполняются отдельно для пассажирских и грузовых поездов.

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 [4, 6, 7, 8]

- по числу главных путей на перегоне:
 - однопутные;
 - однопутно-двухпутные (однопутные участки с двухпутными вставками);
 - двухпутные;
 - многопутные;
- по соотношению времен хода поездов по участку и перегонам:
 - параллельные (время хода поездов различных категорий одинаковое);
 - непараллельные (время хода поездов разное);
- по очередности прокладки поездов на однопутных участках:
 - непакетные;
 - пакетные (при автоблокировке),
 - пачечные (при полуавтоматической блокировке);
 - частично-пакетные (частично-пачечные);
- 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:

$$\gamma_{неп} = \frac{N_{обр}}{N_{пр}} \quad (36)$$

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

➤ по времени занятия перегона парой поездов:

- идентичные;
- неидентичные.

Идентичность перегонов характеризуется коэффициентом идентичности расположения перегонов.

$$j = \frac{T_{cp}}{T_{nep}} \quad (37)$$

где T_{nep} – период графика на ограничивающем перегоне, мин;

T_{cp} – средний период графика движения, мин.

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{K_n} T_i}{K_n}, \text{ мин} \quad (38)$$

T_i – период графика на i -м перегоне, мин;

K_n – количество перегонов на участке.

Периодом графика T_{nep} 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 (рисунок 21, схемы 1–4):

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.

Схема 1

Схема 2

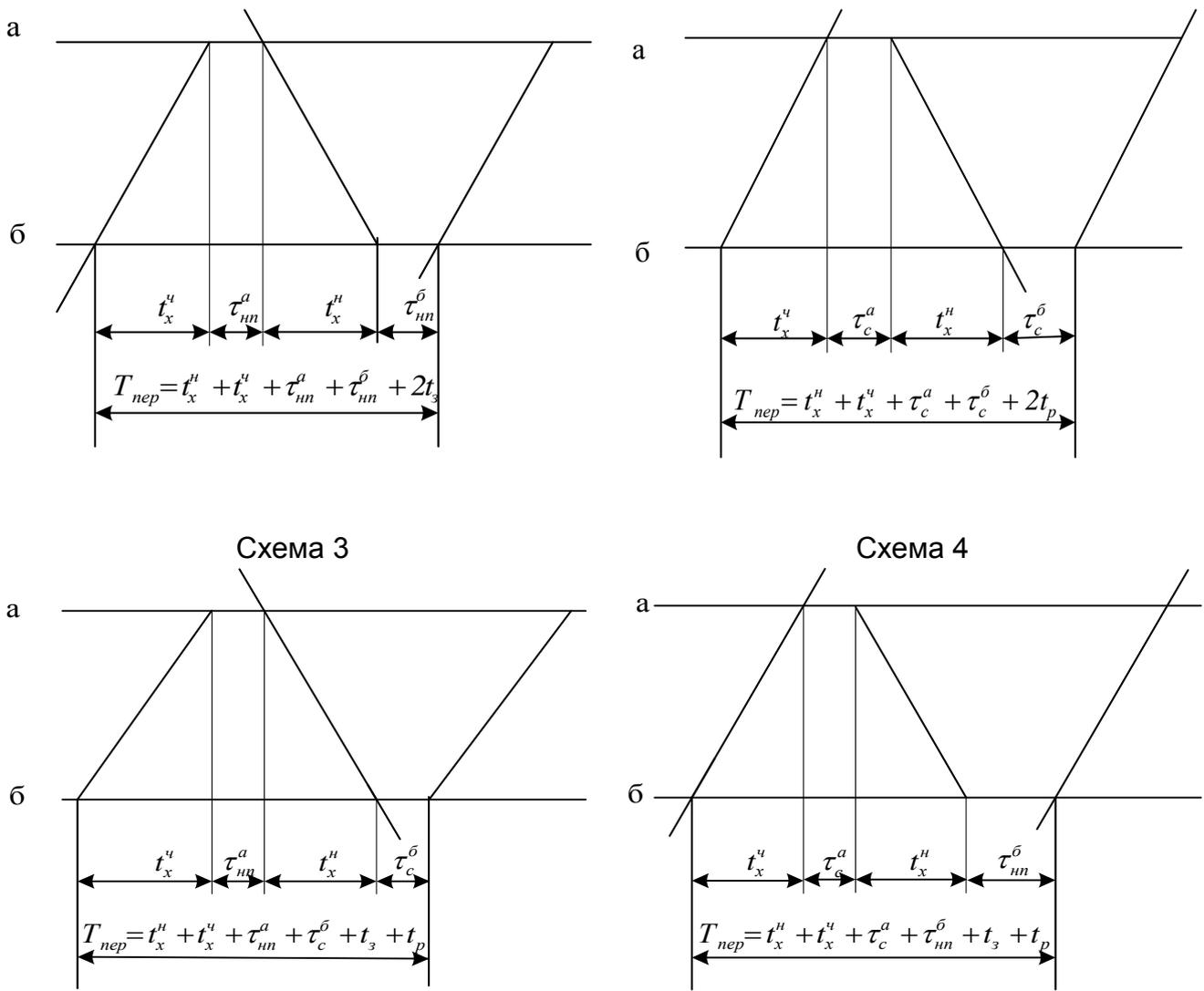


Рис.23. Схемы прокладки грузовых поездов на ограничивающем перегоне

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 ($T_{nep}^{неч} = I^{неч}$, $T_{nep}^{чет} = I^{чет}$), а на участках, не оборудованных автоблокировкой, период равен сумме времени хода поезда по перегону и станционного интервала попутного следования $T_{nep}^{неч} = t_x^{неч} + \tau_n (+t_p)$ и $T_{nep}^{чет} = t_x^{чет} + \tau_n (+t_p)$.

Подробнее расчет периода для различных типов графика движения поездов приводится в рекомендуемой литературе [4, 7, 8, 19].

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 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) установленных веса и длины, 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 [4, 19].

$$N_{нал} = \frac{(1440 - t_{техн}) \cdot \alpha_n \cdot k_{пер}}{T_{пер}} \quad (39)$$

где 1440 – суточный бюджет времени, мин, α_n - 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.

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.

При параллельном графике она определяется по формуле:

$$N_{потр} = N_{зр}^{потр} + N_{ск} + N_{нас} + N_{приг} \quad (40)$$

где $N_{зр}^{потр}$ - потребные размеры движения грузовых поездов, поездов (пар поездов), принимаются на основании произведенных расчетов в разделе 1 настоящего учебного пособия.

$N_{ск}$, $N_{нас}$, $N_{приг}$ – размеры движения соответственно скорых, остальных пассажирских (дальних и местных) и пригородных поездов.

Потребные размеры движения грузовых поездов определяются по формуле:

$$N_{\text{зр}}^{\text{нотр}} = \frac{\sum \Gamma_{\text{зр}}^{\text{нотр}} \cdot K_{\text{н}}}{365 \cdot Q_{\text{бр}}^{\text{зр}} \cdot \varphi_{\text{зр}}} + \frac{\sum \Gamma_{\text{уск}}^{\text{нотр}} \cdot K_{\text{н}}}{365 \cdot Q_{\text{бр}}^{\text{уск}} \cdot \varphi_{\text{уск}}} + N_{\text{сб}} \quad (41)$$

где: $\sum \Gamma_{\text{зр}}^{\text{нотр}}$, $\sum \Gamma_{\text{уск}}^{\text{нотр}}$ - потребная провозная способность, млн.т в год при перевозке грузов в грузовых и ускоренных грузовых поездах; $K_{\text{н}}$ - коэффициент неравномерности перевозок; $Q_{\text{бр}}^{\text{гр}}$, $Q_{\text{бр}}^{\text{уск}}$ - установленный вес поезда брутто для грузовых и ускоренных грузовых поездов, т; $\varphi = \frac{Q_{\text{нетто}}}{Q_{\text{бр}}}$ - соотношение веса нетто и веса брутто состава (соответственно для грузовых и ускоренных грузовых поездов).

При пропуске по участку пассажирских поездов различных категорий, число грузовых поездов при параллельном графике определится:

$$N_{\text{зр}} = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) \cdot \alpha_{\text{н}} \cdot k_{\text{пер}}}{T_{\text{пер}}} - N_{\text{ск}} - N_{\text{пас}} - N_{\text{приг}} \quad (42)$$

На сети железных дорог Российской Федерации используется непараллельный график, т.е. для грузовых поездов, ускоренных грузовых, скорых, пассажирских и пригородных установлены различные скорости движения (рис.24).

Потребная пропускная способность при непараллельном графике определится по формуле:

$$N_{\text{нотр}} = N_{\text{зр}}^{\text{нотр}} + \varepsilon_{\text{ск}} \cdot N_{\text{ск}} + \varepsilon_{\text{пас}} \cdot N_{\text{пас}} + \varepsilon_{\text{приг}} \cdot N_{\text{приг}} + (\varepsilon_{\text{уск}} - 1) \cdot N_{\text{уск}} + (\varepsilon_{\text{сб}} - 1) \cdot N_{\text{сб}} \quad (43)$$

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

Расчет коэффициентов съема для различных категорий поездов приводится в рекомендуемой литературе [4, 8].

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

$$N_{\text{зр}}^{\text{нен}} = N_{\text{нал}} - \varepsilon_{\text{ск}} \cdot N_{\text{ск}} - \varepsilon_{\text{пас}} \cdot N_{\text{пас}} - \varepsilon_{\text{приг}} \cdot N_{\text{приг}} - (\varepsilon_{\text{уск}} - 1) \cdot N_{\text{уск}} - (\varepsilon_{\text{сб}} - 1) \cdot N_{\text{сб}} \quad (44)$$

где $N_{\text{нал}}$ - наличная пропускная способность участка при параллельном графике движения поездов;

коэффициенты съема соответственно равны: $\varepsilon_{нас} = 1,6$; $\varepsilon_{сб} = 2,9$. Коэффициент надежности $\alpha_H = 0,98$.

Решение.

Наличная пропускная способность для параллельного графика определится по формуле:

$$N_{нал} = \frac{(1440 - t_{мехн}) \cdot \alpha_H \cdot k_{пер}}{T_{пер}} = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,98}{70} = 19 \text{ пар поездов}$$

Максимальное число грузовых поездов, которое может быть пропущено по участку в условиях непараллельного графика определится по формуле:

$$N_{гр}^{нен} = N_{нал} - \varepsilon_{нас} \cdot N_{нас} - (\varepsilon_{сб} - 1) \cdot N_{сб}$$

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

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

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

Резерв общей пропускной способности определится:

$$N_{нотр} = N_{гр}^{нотр} + \varepsilon_{нас} \cdot N_{нас} + (\varepsilon_{сб} - 1) \cdot N_{сб}$$

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

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

Ответ: резерв пропускной способности составляет для грузовых поездов 2 пары поездов. Общий резерв пропускной способности равен 2 пары поездов. Для увеличения резерва можно применить частично-пакетный график.

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

График движения 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.

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 конце участка, по которому он следует. При следовании поезда 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, в зависимости от категории поезда:

- 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 кранный линией или пунктирной жирной линией черного или синего цвета (при одноцветном изображении);
- грузовые поезда – сплошной тонкой линией черного или синего цвета;
- сборные поезда – тонкой штрих-пунктирной линией;

Графиком движения фиксируются три основных события, происходящих с поездами – отправление, проследование и прибытие поезда.

Отправление поезда – на графике соответствует моменту начала движения поезда.

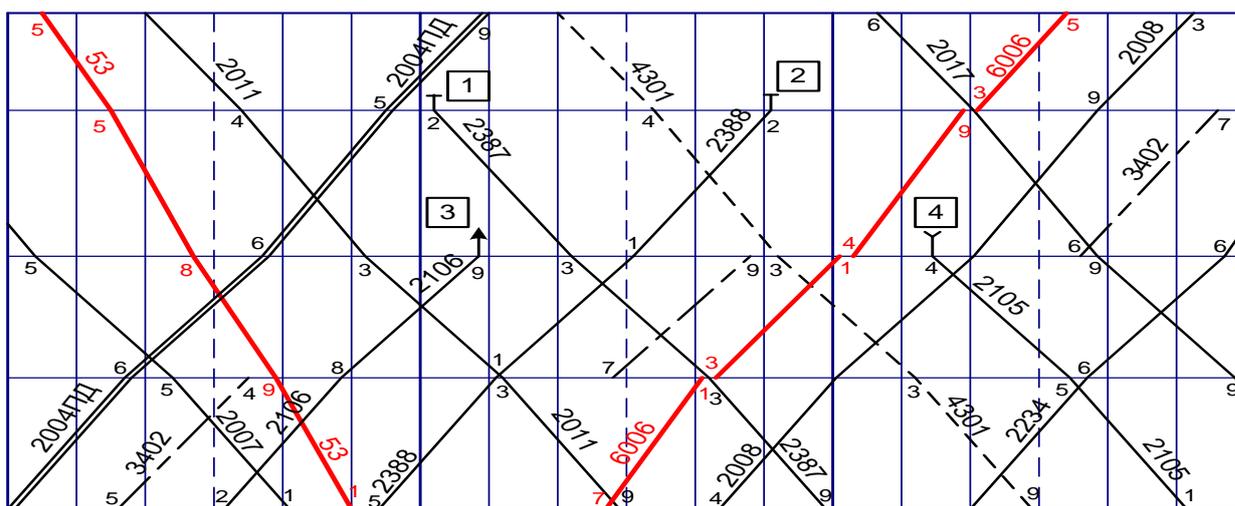
Проследование поезда – на графике соответствует моменту пересечения первой колесной парой головного локомотива изолирующего стыка первого по ходу за осью станции светофора, располагающегося на пути проследования поезда.

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

Время отправления, проследования или прибытия поезда по каждому отдельному пункту соответствует на графике точке пересечения линии хода поезда с горизонтальной линией – осью отдельного 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 рисунке 29 (поз.1, 2, 3, 4).

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



Условные обозначения:

- 1 – поезд зарождается на участке;
- 2 – поезд погашается на участке;
- 3 – поезд следует на ответвление;
- 4 – поезд следует с ответвления.

Рис.29. Пример отображения на графике движения реквизитов поездов

3.4.2 Прокладка поездов на графике движения поездов

Существующая классификация поездов делит их на грузовые и пассажирские, а также на несколько категорий. Внутри каждой категории существуют дополнительные обозначения поездов, указывающие на специфику их использования.

Деление поездов на пассажирские и грузовые на графике отражается в том, что для их прокладки используют разные нормативы (элементы графика). Кроме рода и категории предусмотрено также деление поездов по приоритетности (п.13.5. ПТЭ).

Последовательность составления графика движения поездов следующая:

1. Осуществляется прокладка скорых и пассажирских поездов по станциям участка.
2. Осуществляется постанционная прокладка сборных поездов
3. Осуществляется постанционная прокладка остальных грузовых поездов на ГДП. Поезда четного и нечетного направлений должны прокладываться на графике равномерно в течении суток и относительно друг друга. Для достижения наилучших 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;
- 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 повышенного веса и длины и т.д.);
- поезда четного и нечетного направлений должны прокладываться на графике относительно друг друга.
- 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 – 75мин 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 так же 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 сокращения числа скрещений и обгонов, улучшения оборота локомотива, прокладку сквозных грузовых поездов целесообразно начинать от технических станций оборота локомотива. При этом выбираются рацио-

нальные размеры интервала между попутными поездами. Этот интервал должен быть больше величины периода графика на ограничивающем перегоне.

3. В целях сокращения 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 равномерную загрузку технических станций операциями по обслуживанию этих поездов. Это условие выполнимо, когда интервал отправления грузовых поездов с технических станций будет приблизительно равен

$$I_{отпр} = \frac{1440}{N_{зр}}, \text{ мин} \quad ()$$

где $N_{зр}$ – размеры грузового движения в рассматриваемом направлении в поездах, установленные в разделе 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 приемо-отправочных путей на промежуточных станциях однопутного участка и избегать скрещений нескольких поездов, как изображено на рисунке 30.

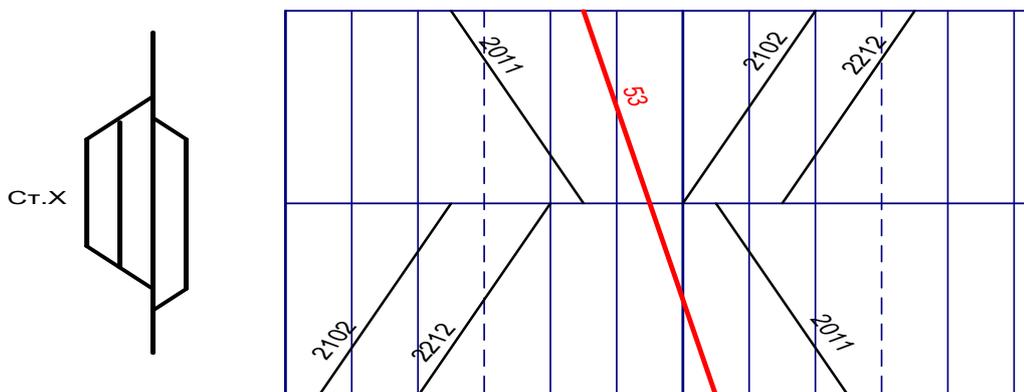


Рис 30. Нерациональная схема скрещения поездов на промежуточной станции однопутного участка

При подобном скрещении поездов на станции заняты все 3 приемо-отправочных 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.

Аналогично необходимо учитывать наличие приемо-отправочных 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 важнейших задач организации перевозочного процесса. Основной 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 [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 таблице 17 приведен пример Ведомости для станции В.

Таблица 17 – Ведомость оборота поездных локомотивов на станции основного депо В

№ поезда прибытия	Время прибытия, час, 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			...		
$\sum M$					$\sum Mt$

Аналогичные ведомости составляются для всех станций основных и оборотных депо.

После составления Ведомостей для всех станций производится расчет среднего времени нахождения локомотива на каждой из станций по формулам

$$t_{осн} = \frac{\sum Mt_{осн}}{\sum M_{осн}}, \text{ час} \quad (46)$$

$$t_{об} = \frac{\sum Mt_{об}}{\sum M_{об}}, \text{ час} \quad (47)$$

Где $\sum Mt_{осн}$, $\sum Mt_{об}$ – суммарное время нахождения поездных локомотивов соответственно на станциях основного и оборотного депо, лок-час;

$\sum M_{осн}$, $\sum M_{об}$ – количество поездных локомотивов, обслуживающих грузовые поезда, соответственно на станциях основного и оборотного депо, лок.

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: 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 времени на разгон и замедление, а также суммарного времени простоя на промежуточных станциях участка.

Техническая и участковая скорости движения грузовых поездов рассчитываются по следующим формулам:

$$V_{mex} = \frac{\Sigma NL}{\Sigma NT_{движ}} = \frac{\Sigma NL}{\Sigma NT_x + \Sigma NT_{pz}}, \text{ км/ч} \quad (48)$$

$$V_{уч} = \frac{\Sigma NL}{\Sigma NT_{уч}} = \frac{\Sigma NL}{\Sigma NT_x + \Sigma NT_{pz} + \Sigma NT_{ст}^{пром.ст}}, \text{ км/ч} \quad (49)$$

где ΣNL – суммарные поездо-км следования поездов по участку в нечетном и четном направлениях;

$\Sigma NT_{движ}$ – суммарные поездо-часы движения нечетных и четных поездов по участку;

$\Sigma NT_{уч}$ – суммарные поездо-часы нахождения нечетных и четных поездов на участке, $\Sigma NT_{уч} = \Sigma NT_{движ} + \Sigma NT_{ст}^{пром.ст}$;

ΣNT_x – суммарные поездо-часы хода нечетных и четных поездов на участке;

ΣNT_{pz} – суммарные поездо-часы на разгон и замедление нечетных и четных поездов на участке;

$\Sigma NT_{ст}^{пром.ст}$ – суммарные поездо-часы стоянки нечетных и четных поездов на промежуточных станциях участка.

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

$$\beta_{уч} = \frac{V_{уч}}{V_{mex}}, \quad (50)$$

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 (Таблица 18).

Таблица 18 – Ведомость исходных данных для расчета скоростей движения.

Участок	№ поезда	Время отправления, час мин	Время прибытия, час мин	Простой на промежуток станциях, час	Время в пути, час	Время в движении, час	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
В - Д	Четное направление						

Итого с учетом сборных поездов				20,60	72,40	51,80	2464
Итого без учета сборных 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

Результаты расчета технической и участковой скоростей удобнее всего представить в виде таблицы (Таблица 19).

Таблица 19 – 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 (48)-(50). Так, для рассматриваемой дороги (рис.2), формула расчета технической скорости (48) будет выглядеть следующим образом.

$$V_{тех} = \frac{\sum NL^{AB} + \sum NL^{BB} + \sum NL^{BD} + \sum NL^{DE} + \sum NL^{BF} + \sum NL^{ГЗ}}{\sum NT_{движ}^{AB} + \sum NT_{движ}^{BB} + \sum NT_{движ}^{BD} + \sum NT_{движ}^{DE} + \sum NT_{движ}^{BF} + \sum NT_{движ}^{ГЗ}}, \text{ км/ч}$$

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

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

I. Количественные показатели эксплуатационной работы

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

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

Работа может быть определена и по конечным операциям (выгрузка плюс сдача грузеных вагонов).

$$U = U_n + U_{np.зр.} = U_в + U_{сд.зр.} \quad (71)$$

где U_n - погрузка рассматриваемого полигона за сутки, вагонов/сут;

$U_в$ - выгрузка полигона за сутки, вагонов/сут;

$U_{np.зр.}$ - прием грузеных вагонов по стыковым станциям с соседними подразделениями, вагонов/сут;

$U_{сд.зр.}$ - сдача грузеных вагонов по стыковым станциям с соседними подразделениями за сутки, вагонов/сут.

Итак, работа – это количество грузеных вагонов, появившихся на подразделении в течение суток.

2. Пробеги вагонов

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

Общий пробег вагонов по дороге или отделению определяется

$$\sum nS_{общ} = \sum nS_{зр} + \sum nS_{пор}, \text{ ваг-км} \quad (72)$$

$\sum nS_{зр}$ - вагоно-километры пробега вагонов в грузеном состоянии;

$\sum nS_{пор}$ - вагоно-километры пробега вагонов в порожнем состоянии.

Для расчета грузеного, порожнего и общего пробега вагонов удобно воспользоваться таблицей 20. Количество вагонов грузеных и порожних берется из диаграмм грузеных (рис. 4) и схем порожних вагонопотоков (рис.5).

Таблица 20 – Пробеги вагонов

Уча- сток	на учас	Вагонопоток, ваг		Пробеги, ваг-км		про- бег
		грузеный	порожний	грузеные	порожние	

		четный	нечетный	всего	четный	нечетный	всего	четные	нечетные	всего	четные	нечетные	всего	
А – В														
В – Е														
В – З														
Дорога										$\sum nS_{\text{зр}}$			$\sum nS_{\text{нор}}$	$\sum nS_{\text{общ}}$

II. Качественные показатели использования вагонов

1. Коэффициент порожнего пробега

Коэффициентом порожнего пробега называется отношение суммы вагоно-километров пробега вагонов в порожнем состоянии к сумме вагоно-километров.

$$\alpha_{\text{нор}} = \frac{\sum nS_{\text{нор}}}{\sum nS_{\text{зр}}} \quad (73)$$

2. Рейс вагона

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

$$l = \frac{\sum nS_{общ}}{U} = \frac{\sum nS_{zp} + \sum nS_{nop}}{U} = l_{zp} + l_{nop}, \text{ км} \quad (74)$$

3. Оборот вагона

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

$$\theta_{\varepsilon} = \frac{1}{24} \left(\frac{l}{V_{уч}} + \frac{l}{L_{mex}} \cdot t_{mex} + K_m \cdot t_{zp.on} \right), \text{ сут} \quad (75)$$

где $V_{уч}$ - участковая скорость на рассматриваемом полигоне (определяется в п.3.5 настоящего пособия), км/час;

L_{mex} - вагонное плечо, среднее расстояние между техническими станциями, проходимое вагоном за время оборота

$$L_{mex} = \frac{\sum nS_{общ}}{\sum u_{mex}}, \text{ км} \quad (76)$$

$\sum u_{mex}$ - количество транзитных вагонов, отправленных со всех технических станций рассматриваемого полигона (участка, дороги, направления). Определяется по диаграммам грузёных и порожних вагонопотоков, как общая суммарная величина транзитных вагонов, отправленных с каждой технической станции, ваг.,

t_{mex} - время нахождения транзитного вагонов на одной технической станции (задается в исходных данных или рассчитывается), час;

K_m - коэффициент местной работы;

$$K_m = \frac{U_n + U_{\varepsilon}}{U} \quad (77)$$

$t_{zp.on}$ - время нахождения вагона на станциях погрузки и выгрузки, приходящееся на одну грузовую операцию (определяется в п.2.8 настоящего пособия), час;

В целом, формула (75) называется трехчленной формулой расчета оборота вагона и может быть представлена в виде

$$g_6 = \frac{1}{24} (T_{нуми} + T_{mex} + T_{2p}), \text{ сут} \quad (78)$$

Трехчленная формула состоит из следующих элементов (членов):

1-й – $T_{нуми}$ - время нахождения вагонов в поездах при следовании от станции погрузки до станции следующей погрузки. Оно 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_{mex} - 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_{2p} - время нахождения вагонов на станциях погрузки и на станциях погрузки-выгрузки.

С целью проведения анализа использования вагонов рабочего парка используют также пятичленную формулу расчета оборота вагонов:

$$g_6 = \frac{1}{24} \left[\frac{(1 + \alpha_{nop}) \cdot l_{2p}}{V_{mex}} + (1 - \beta_{yч}) \cdot \frac{(1 + \alpha_{nop}) \cdot l_{2p}}{V_{yч}} + \frac{(1 + \alpha_{nop}) \cdot l_{2p}}{L_{mex}^{nep}} \cdot t_{nep} + \frac{(1 + \alpha_{nop}) \cdot l_{2p}}{L_{mex}^{mp}} \cdot t_{mp} + K_M t_{2p.on} \right], \text{ сут} \quad (79)$$

где V_{mex} - техническая скорость, км/час;

$\beta_{yч}$ - коэффициент участковой скорости;

L_{mex}^{nep} , L_{mex}^{mp} - соответственно вагонное плечо для транзитных вагонов с переработкой и без переработки;

t_{nep} , t_{mp} соответственно средний простой транзитного вагона с переработкой и без переработки.

Если пятичленную формулу рассматривать по элементам, как уже делали с трехчленной формулой, то получаем:

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.

4. Среднесуточный пробег вагона

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

$$S = \frac{\ell}{g}, \text{ км/сут} \quad (80)$$

Его величина может быть определена и через общий пробег вагонов и рабочий парк вагонов по формуле:

$$S_{\text{с}} = \frac{\sum nS}{n}, \text{ км/сут} \quad (81)$$

5. Рабочий парк вагонов

Это количество вагонов, необходимых для обеспечения заданных объемов работы. Расчет производится по формуле:

$$n = \theta \cdot U, \text{ ваг} \quad (82)$$

Данная формула является основной.

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

$$n = \frac{\sum nt_{\text{общ}}}{24} = \frac{\sum nt_{\text{уч}} + \sum nt_{\text{мех}} + \sum nt_{\text{зр}}}{24}, \text{ ваг} \quad (83)$$

6. Производительность вагона

Это количество тонно-километров нетто, приходящихся в среднем на один вагон рабочего парка в сутки. Определяется для каждого подразделения и дороги в целом с округлением до целых только для вагонов общего парка по формуле

$$\omega_{\text{в}} = \frac{\sum pl}{n} = \frac{P_{\text{дин}} \sum nS_{\text{зр}}}{n} = P_{\text{дин}} \cdot S_{\text{с}}, \quad \frac{т \cdot км}{\text{ваг} \cdot \text{сут}} \quad (84)$$

где $P_{\text{дин}}$ - динамическая нагрузка груженого вагона;

III. Показатели использования локомотивов

1. Оборот локомотива

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

Оборот локомотива определяется:

$$\theta_{\text{л}} = \frac{2 \cdot L_{\text{уч}}}{V_{\text{уч}}} + t_{\text{осн}} + t_{\text{об}} + \sum t_{\text{см}}^{\text{бр}}, \text{ час} \quad (85)$$

где $L_{уч}$ – длина участка обращения локомотивов, км

$t_{осн}, t_{об}$ – время нахождения локомотива на станциях, соответственно основного и оборотного депо, час;

$\sum t_{см}^{бр}$ – суммарное время на смену локомотивных бригад в пунктах смены бригад, час.

2. Эксплуатируемый парк локомотивов

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

- по коэффициенту потребности локомотивов на пару поездов для каждого участка их обращения.

- по затрате 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:

$$K_{л} = \frac{\theta_{л}}{24} \quad (86)$$

Тогда потребный парк локомотивов определится по формуле:

$$M_{э} = K_{л} N_{эп} = \frac{\theta_{л}}{24} N_{эп}, \text{ лок} \quad (87)$$

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

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

$$M_{э} = \frac{\sum Mt}{24}, \text{ лок} \quad (88)$$

где $\sum Mt$ - общие локомотиво-часы работы локомотивов во всех видах грузового движения по всем временным элементам, лок-час.

$$\sum Mt = \sum Mt_{об} + \sum Mt_{нр.см} + \sum Mt_{осн} + \sum Mt_{об} + \sum Mt_{см.бр}, \text{ лок-час} \quad (89)$$

где $\sum Mt_{об}$, $\sum Mt_{нр.см}$, $\sum Mt_{осн}$, $\sum Mt_{об}$, $\sum Mt_{см.бр}$ - 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 локомотиво-часов.

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. Пробеги локомотивов

Пробег локомотивов рассчитывается для каждого основного локомотивного депо по формуле

$$\sum MS = \sum MS_{во\ главе} + \sum MS_{дв.тяга} + \sum MS_{подт} + \sum MS_{один}, \text{ лок-км} \quad (90)$$

Линейный пробег локомотивов $\sum MS_{во\ главе}$ (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 повышенного веса, а также для увеличения скорости движения с целью повышения пропускной и провозной способности линий);

- пробеги локомотивов в подталкивании $\sum MS_{подт}$ (применяется для ведения поездов повышенного веса и увеличения скорости движения на отдельных перегонах);

- пробеги локомотивов в одиночном следовании $\sum MS_{один}$ (одиночное следование вызывается неравномерностью движения поездов по направлениям и периодам суток).

Отношение вспомогательного пробега к пробегу во главе поездов называется коэффициентом вспомогательного пробега

$$\beta_{всп} = \frac{\sum MS_{всп}}{\sum MS_{во\ главе}} = \frac{\sum MS_{дв.тяга} + \sum MS_{подт} + \sum MS_{один}}{\sum MS_{во\ главе}} \quad (91)$$

На участках, где двойная тяга и подталкивание не применяются $\sum MS_{во\ главе} = \sum NL$, тогда

$$\beta_{всп} = \frac{\sum MS_{од}}{\sum NL} \quad (92)$$

где $\sum NL$ - суммарные поездо-километры всех категорий грузовых поездов (сквозных, участковых, сборных, вывозных, передаточных) на рассматриваемом полигоне.

Коэффициент непроизводительного пробега рассчитывается по формуле:

$$\beta_{непр} = \frac{\sum MS_{од}}{\sum MS_{во\ главе} + \sum MS_{дв.тяга} + \sum MS_{подт}} \quad (93)$$

4. Среднесуточный пробег локомотивов

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

$$S_{л} = \frac{\sum NL + \sum MS_{од}}{M_{э}}, \text{ км/сут} \quad (94)$$

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

5. Производительность локомотивов

$$W_{л} = S_{л} \cdot Q_{бр} \cdot (1 - \beta_{всп}), \frac{т \cdot км \text{ брутто}}{лок \cdot сут} \quad (95)$$

Q_p - расчетный вес брутто грузового поезда, принятый в тяговых расчетах, т.

4. Средний состав поезда

Состав поезда нормируется с учетом пробега вагонов и пробега локомотивов во главе поездов (или пробега поездов)

$$m_{ср}^{ср} = \frac{\sum nS_{общ}}{\sum MS_{во\ главе}}, \text{ вагонов} \quad (96)$$

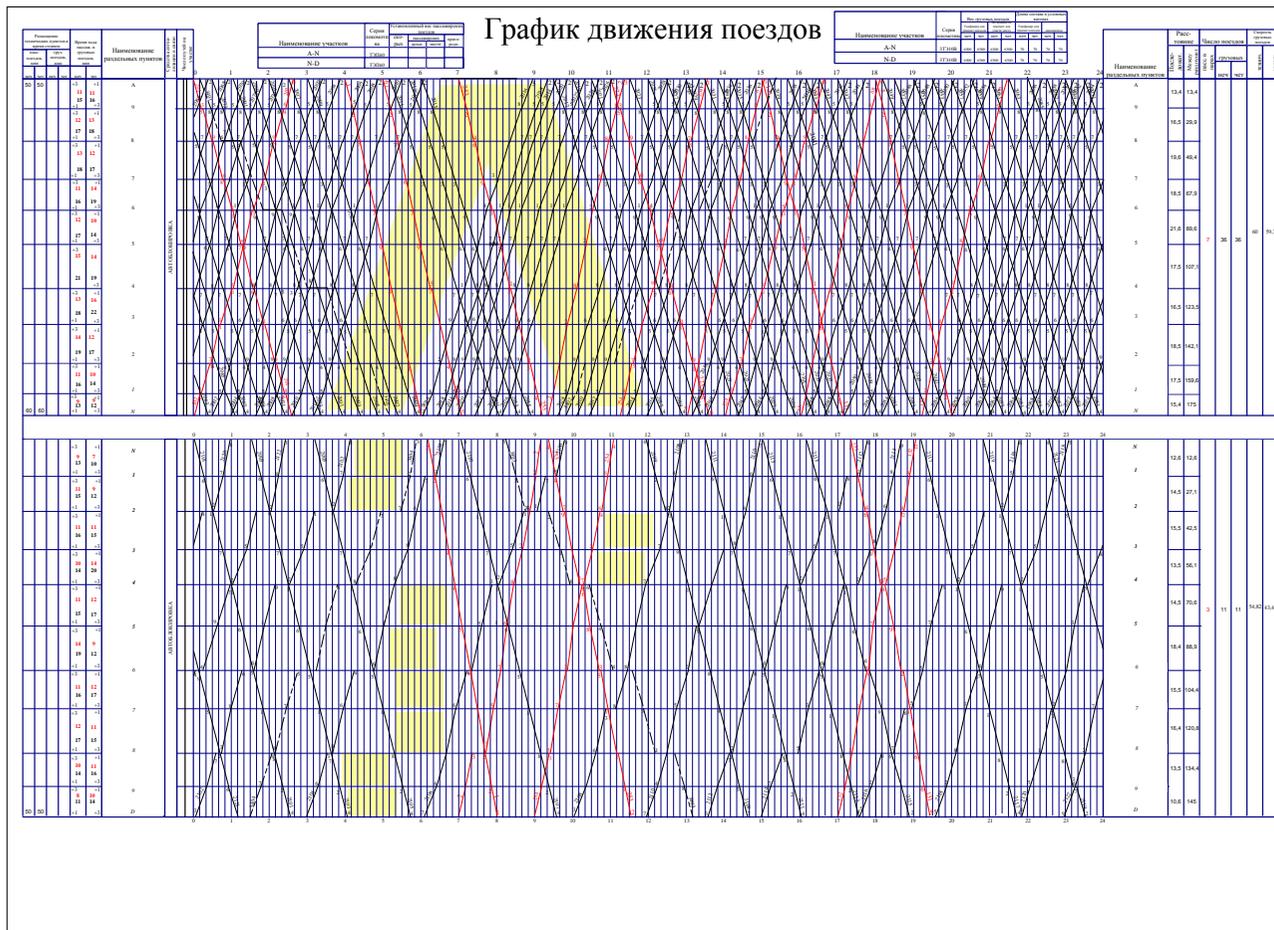
5. Средний вес поезда

Средний вес грузового поезда устанавливается для каждого участка обращения отдельно в четном и нечетном направлениях.

$$Q_{бр}^{ср} = \frac{\sum Q_{бр} \cdot l}{\sum NL} = \frac{(q_{бр} \cdot \sum nS_{ср} + q_m \cdot \sum nS_{нор})}{\sum NL}, \text{ тонн} \quad (97)$$

Таким образом, для разработанного графика движения поездов, определяются количественные и качественные показатели для рассматриваемого полигона по предложенной технологии организации движения поездов и необходимое количество перевозочных средств: рабочий парк вагонов и эксплуатируемый парк локомотивов.

ПРИМЕР ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Издание официальное / МПС РФ – М: ТЕХИНФОРМ, 2000 – 190 с.
2. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации. Издание официальное / МПС РФ – М: ТЕХИНФОРМ, 2000 – 318 с
3. 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.
4. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. Издание официальное / ОАО «РЖД», ОАО «ВНИИЖТ», ОАО «НИИАС», «ГИПРОТРАНСТЭИ»-филиал ОАО «РЖД». – М.: ТЕХИНФОРМ, 2009. – 250 с.
5. Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов. Издание официальное – М.: МПС РФ, 1995. – 162 с.
6. Инструкция по разработке графика движения поездов в ОАО «РЖД». Издание официальное. / Распоряжение ОАО "РЖД" от 12. 12. 2006 г. № 2568р – М.: ТЕХИНФОРМ, 2006. – 182 с.
7. Нормативы графика движения поездов. Издание официальное / Распоряжение ОАО "РЖД" от 23. 09. 2008 г. № 2003р – М.: ТЕХИНФОРМ, 2006. – 61 с.
8. Нормативы для составления графика движения пассажирских поездов. Издание официальное / Распоряжение ОАО "РЖД" от 17. 10. 2006 г. № 2086р – М.: ТЕХИНФОРМ, 2006. – 109 с.
9. Нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожных станциях ОАО «РЖД», нормативы численности бригад маневровых локомотивов. Издание официальное / ОАО «РЖД». Утв. 08. 02. 2007 г. – М.: ТЕХИНФОРМ, 2007. – 100 с.
10. Методика определения эффективности для ОАО «РЖД» отправительской маршрутизации и ставок договорных плат за формирование прямых отправительских маршрутов на путях общего пользования средствами железных дорог. Издание официальное. / Распоряжение ОАО "РЖД" от 24. 07. 2006 г. № 1379р – 78 с.
11. Методика комплексной экономической оценки результатов разработки графика движения поездов с учетом потенциальной доходности перевозок. Издание официальное / Распоряжение ОАО "РЖД" от 06 12. 2007, №2292р. – 10 с.

12. О нумерации поездов. Издание официальное / Распоряжение ОАО "РЖД" от 07. 06. 2004 г. № 2485р – 5 с.
13. Типовая технологическая карта работы промежуточной станции Издание официальное /ОАО «РЖД», 2010. – 22 с.
14. Грунтов, П.С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П.С. Грунтов, Ю.В. Дьяков, А.М. Макарович и др.; Под ред. П.С. Грунтова. – М.: Транспорт, 1994. – 543 с.
15. Кочнев, Ф.П. Управление эксплуатационной работой железных дорог / Ф.П.Кочнев, И.Б.Сотников: Учеб. пос. для вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
16. Сотников И.Б., Эксплуатация железных дорог: в примерах и задачах. – М.: Транспорт, 1990. – 232 с.
17. Гребенюк П.Т. Правила тяговых расчетов для поездной работы. / П. Т. Гребенюк, А.Н. Долганов и др.; Под ред. П. Т. Гребенюк – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
18. Широков А.П. План формирования поездов / А.П. Широков, В.В. Широкова: учеб. пособие – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2007. – 84 с.
19. Широков А.П. Расчет пропускной способности участков железнодорожных линий / А.П. Широков, В.В. Широкова: методическое пособие – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2010. – 47 с.
20. Червотенко Е. Э. Требования и правила оформления курсовых и дипломных проектов: методическое пособие / Е. Э. Червотенко, С. В. Балалаев, А. Р. Калинина. - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2007. – 54 с.