ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
Сибирский колледж транспорта и строительства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОРГО ПРОЕКТА
ПМ.01. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА
(ПО ВИДАМ ТРАНСПОРТА)
МДК 01.01 ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

для специальности

23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (по видам)

Иркутск, 2022

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу
Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.
00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00
Подпись соответствует файлу документа

РАССМОТРЕНО:
Цикловой методической
комиссией специальности 08.02.10
Строительство железных дорог, путь и
путевое хозяйство
«03» октября 2022 г.
Председатель _____ С.Н. Климова

Разработчики: Иевская С.Б., преподаватель высшей категории, Сибирского колледжа транспорта и строительства, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4

1. Задание 4

1.1.Определение груженых вагонопотоков 5

1.2. Определение регулировки порожних вагонов 6

1.3. Расчет состава поезда 8

2. Организация вагонопотоков 8

2.1. Организация отправительских маршрутов 9

2.2. Расчет оптимального плана формирования одногруппных поездов 11

2.3. Определение показателей плана формирования 16

3. Организация местной работы на железнодорожных участках 16

3.1. Определение погрузки и выгрузки на опорных станциях 16

4. Разработка графика движения поездов и расчет пропускной способности участков . 20

4.1.Определение количества и категории грузовых поездов 20

4.2. Основные исходные данные для составления графика движения поездов 21

4.3. Определение наличной пропускной способности перегонов 22

4.4. Построение графика движения поездов 24

4.5. Расчет качественных показателей графика движения поездов 27

Рекомендуемая литература 29

Введение

Методические указания к курсовому проекту по МДК 01.01 Технология перевозочного процесса содержат материалы, необходимые для выполнения курсового проекта с выделением целей и подробного алгоритма работы. Данные методические указания рекомендуется для использования в процессе освоения студентами основной профессиональной образовательной программы по специальности 23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (по видам) в соответствии с требованиями ФГОС.

1. Задание.

Определить основные задачи железнодорожного транспорта по ускорению научно-технического прогресса для дальнейшего совершенствования управления перевозочным процессом с целью полного и своевременного удовлетворения экономики страны и населения в перевозках. Особо отметить специфику организации движения поездов в условиях новой динамической модели перевозочного процесса.

1. Характеристика полигона железной дороги

Осветить основные вопросы эксплуатационной работы, которые решаются на дороге и ее подразделениях. Согласно заданию (по своему шифру) дать техническую характеристику полигона. Прежде всего привести схему всего направления и указать границы рассматриваемого полигона (рис.1.1).

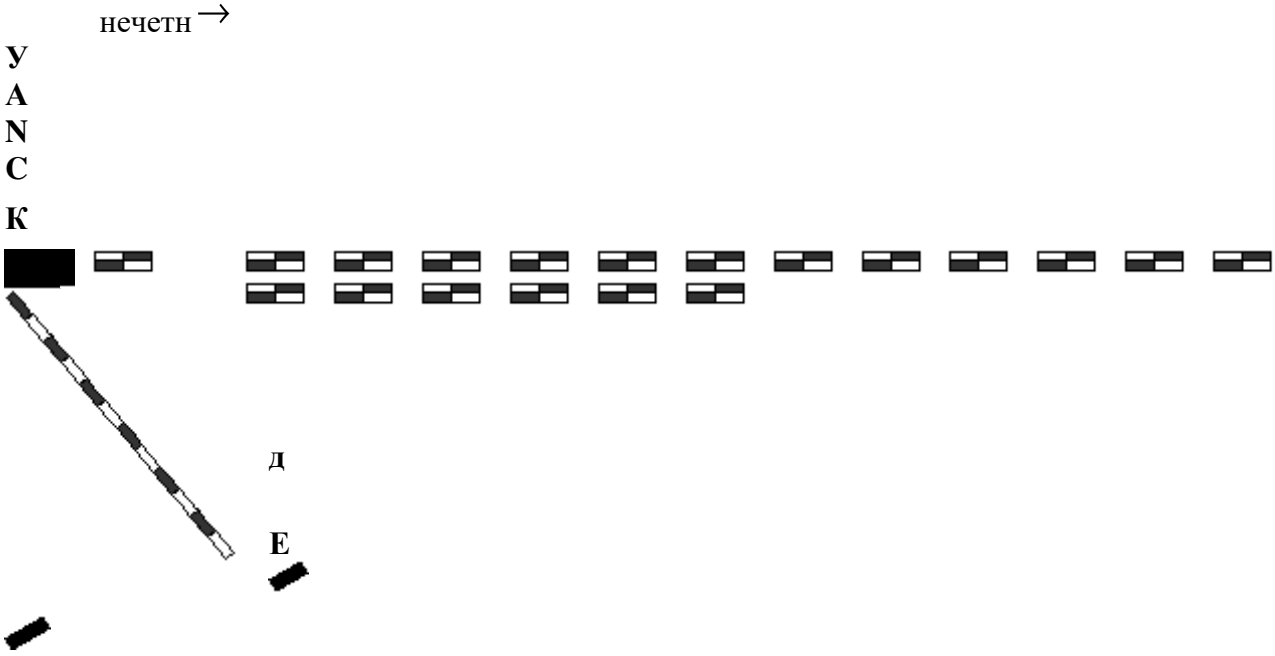

Рис.1.1 Схема железнодорожного направления

На участках указать промежуточные станции, проставить их номера, дать характеристику путевого развития, приводя согласно заданию схемы промежуточных станций, расположенных на однопутном и двухпутных участках (указанные схемы могут быть приняты из /4/).

В записке указать длину участков и общую протяженность полигона; по исходным данным определить: наличие главных путей, род тяги, вес грузовых поездов и длину станционных путей (табл.14 задания), характеристику входящих в

состав полигона участковых (*А*, *С* и *Д*) и сортировочной станций, количество путей в парках приема и отправления.

После каждого наименования раздела и подраздела необходимо указать цель последующих расчетов. Так, например, после "*1.2.Расчет среднего состава поезда*" следует отметить, что расчет среднего состава поезда необходим для определения количества груженых и порожних поездов по заданному вагонопотоку, числа отправительских маршрутов, затрат на накопление при расчете оптимального плана формирования одногруппных поездов.

1.1.Определение груженых вагонопотоков

Груженые вагонопотоки определяются согласно учебному цифру по табл.4-13 задания. Таблица для своего варианта приводится в пояснительной записке (в настоящем разделе - табл.1.1).

Таблица 1.1 Груженые вагонопотоки

Из На	*У*	*А*	*А-N*	*К*	*С*	*С-N*	*Е*	*Д*	*Д-N*	*N*	Всего
У	-	10	35	2600	-	15	200	-	10	40	2910
А	30	-	-	50	-	-	20	10	-	5	115
А-N	35	5	-	10	5	-	15	5	-	-	75
К	2200	10	10	-	20	25	400	-	10	60	2735
С	-	-	15	-	-	10	-	-	-	-	25
С-N	5	-	-	30	5	-	10	5	-	-	55
Е	100	30	5	300	15	10	-	20	20	30	530
Д	40	10	5	-	-	5	40	-	15	10	125
Д-N	15	10	-	-	-	-	30	15	-	-	70
N	25	10	-	50	10	-	90	10	10	-	205
Всего	2450	85	70	3040	55	65	805	65	65	145	6845

На основании этой таблицы строят диаграмму груженых вагонопотоков (рис.1.2). Диаграмму выполняют на белой бумаге или миллиметровке обычного формата. Построение диаграммы груженых вагонопотоков на рис.1.2 выполнено по данным табл.1.1.

Как видно из табл.1.1, с *У* на полигон (через ст. *А*) поступает за сутки 2910 груженых вагонов (последний столбец строки "из *У*"). Из этого числа 10 вагонов отцепляются под выгрузку собственно по ст. *А* (клетка из *У* на *А*). В свою очередь, ст. *А* грузит 85 вагонов в сутки в нечетном направлении и 30 вагонов - в четном. Всего на ст. *А* следует под выгрузку 85 вагонов (пересечение последней строки и колонки *А*).

Как было установлено выше, 10 вагонов поступает с *У*. Следовательно, остальные вагоны (75) поступают под выгрузку на ст. *А* с четного направления. Таким образом, на диаграмме по ст. *А* показана выгрузка в размере 75 вагонов, поступивших с четного направления (-75), и 10 вагонов, поступивших с нечетного направления (-10). Со знаком "плюс" показана погрузка станции: +85 - в нечетном направлении и +30 - в четном.

Со ст. *А* на участок *А-N* "выходит" 2910-10+85=2985 вагонов. На этот участок под выгрузку с нечетного направления поступает 35 вагонов (в т.ч. из *У* на *А-N* – 35 вагонов и из *А* на *А-N* – 0 вагонов) Всего же на участок *А-N* следует под выгрузку 70 вагонов (пересечение последней строки и колонки *А-N*). Следовательно, с четного направления на участок *А-N* под выгрузку поступает тоже 70-35=35 вагонов. Собственно на участке *А-N* грузится 75 вагонов (пересечение последней колонки и строки *А-N*), в т.ч. 40 – в четном направлении (из *А-N* на *А* – 5 вагонов и из *А-N* на *У* – 35 вагонов).

Значит в нечетном направлении погрузка вагонов на участке *А-N* составляет 75-40=35 вагонов. Таким образом, на диаграмме по участку *А-N* показана выгрузка в размере 35 вагонов, поступивших с четного направления (-35), и 35 вагонов, поступивших с нечетного направления (-35). Со знаком "плюс" показана погрузка участка: +35 - в нечетном направлении и +40 - в четном.

Окончательно имеем: на участок *А-N* с нечетного направления поступает 2985 вагонов и "выходит" (также в нечетном направлении) – 2985-35+35=2985 вагонов. Этот вагонопоток является входящим для сортировочной станции *N*. Аналогичным образом производится определение вагонопотоков и для двух остальных направлений: *К-N* и *Е-N*.

По сортировочной станции *N* происходит разветвление вагонопотока нечетного направления. Его часть со ст. *У*, *А* и участка *А-N* следует на ст. *Е* и *Д* и на участок *N-Д*; другая часть вагонов непосредственно выгружается на станции *N* (-45 вагонов), а остальной вагонопоток следует дальше по основному ходу на станции *К*, *С* и участок *N-С*.

Кроме того, сама станция *Н* грузит 205 вагонов, из которых 35 следует в четном направлении (на участок *N-А* и далее), 60 - в нечетном направлении (на участок *N-С* и далее) и 110 - в нечетном направлении (на участок *N-Д* и далее). Таким образом, выходящий в каждом направлении со станции *N* вагонопоток является суммой трех слагаемых: собственной погрузки станции *N* и двух струй вагонопотоков, следующих в рассматриваемом направлении с двух других подходов.

Построение диаграммы продолжается до станций сдачи вагонопотоков на соседние полигоны (как в нечетном, так и в четном направлениях).

Приведенную выше последовательность разработки диаграммы в пояснительной записке не помещать.

Для того чтобы не допустить ошибок и не пропустить цифры таблицы, рекомендуется при разработке диаграммы на каждом этапе учтенные цифры в табл.1.1 зачеркивать мягким карандашом разными знаками. Например, выполненный этап в данной работе зачеркнуть крестом, другие этапы – нулем, "птичкой" и т.д. После построения диаграммы эти знаки необходимо убрать.

1.2. Определение регулировки порожних вагонов

Определение регулировки порожних вагонов на станциях и участках выполняется на основе косой таблицы вагонопотоков (табл.1.1) путем составления таблицы баланса порожних вагонов - табл.1.2.

В табл.1.2 в графу "Наименование пунктов" записывают все пункты из табл.1.1; в столбец "Погрузка" – итоговый столбец табл.1.1; в столбец "Выгрузка" - итоговую нижнюю строку из табл.1.1.

Таблица 1.2

Наименование пунктов	Погрузка	Выгрузка	Баланс порожних вагонов	
			избыток (+)	недостаток (-)
У	2910	2450		460
А	115	85	305	30
А-N	75	70	30	5
К	2735	3040	10	60
С	25	55	275	5
С-N	55	65		60
Е	530	805		
Д	125	65		
Д-N	70	65		
N	205	145		
Всего	6845	6845	620	620

В четвертом и пятом столбцах указывается избыток или недостаток порожних вагонов на станциях и участках. Он определяется как разность между погрузкой и выгрузкой (недостаток) или выгрузкой и погрузкой (избыток).

Построение диаграммы порожних вагонопотоков (рис.1.3) начинается с пункта (пунктов), имеющего наибольший избыток порожних вагонов (в рассматриваемом примере - это ст. *К* и *Е*). С этих станций порожние вагонопотоки следуют в направлении пункта (пунктов), имеющего наибольший недостаток вагонов (в примере – ст. *У*).

В процессе перемещения вагонопоток пополняется или уменьшается на попутных станциях и участках в зависимости от избытка или недостатка на них порожних вагонов. Так со ст. *К* на ст. *С* поступает 305 порожних вагонов. На ст. *С* также наблюдается избыток порожних вагонов в количестве 30 единиц. Поэтому на участок *N-С* порожний вагонопоток поступает уже в количестве 305+30=335 вагонов.

На участке *N-С* из-под выгрузки высвобождается 10 вагонов, которые включается в общий порожний вагонопоток, следующий в направлении ст. *У*. Таким

образом, на ст. *N* порожний вагонопоток поступает уже в количестве 335+10=345 единиц.

На сортировочную станцию *N* со стороны ст. *E* порожний вагонопоток поступает в количестве 210 единиц.

Поскольку на ст. *N* имеется недостаток порожних вагонов в количестве 60 единиц, на участок *A-N* поступает 345+210-60=495 вагонов и т.д.

Основной принцип построения диаграммы порожних вагонопотоков состоит в недопущении их встречного направления следования. Построение диаграммы продолжается до станции (станций) сдачи порожних вагонопотоков на соседний полигон (полигоны). Контрольная проверка правильности расчетов состоит в сопоставлении цифр, полученных в результате построения диаграммы с итоговым недостатком порожних вагонов на соседних полигонах.

1.3. Расчет состава поезда

При расчете количества вагонов в составе груженого и порожнего поездов используются исходные данные табл.3 и табл.14 задания о весе вагона брутто, таре вагона, заданном весе грузового поезда, средней длине вагона и длине станционных путей. Рассчитанное число вагонов исходя из веса грузового поезда проверяется по длине станционных путей и для последующих расчетов принимается меньшая величина.

Так, исходя из заданного веса грузового поезда, число вагонов в нем определяется по формуле (с округлением до целого меньшего значения):

$$m = \frac{Q_{бр} - q_л}{q_{бр(т)}}, \quad (1.1)$$

где $Q_{бр}$ - масса поезда брутто, т;

$q_л$ - масса поездного локомотива, т;

$q_{бр(т)}$ - масса вагона (брутто или его тары)

Величины $Q_{бр}$ и $q_{бр(т)}$ устанавливаются в соответствии с заданием. Массу локомотивов можно принимать: ВЛ-80 – 184 т; 2ТЭ10 – 258,6 т.

Исходя из заданной полезной длины приемо-отправочных путей число вагонов в составе поезда определяется из выражения (с округлением до целого меньшего значения):

$$m = \frac{L_{по} - l_{лок} - 10}{l_в}, \quad (1.2)$$

где $L_{по}$ - полезная длина приемо-отправочных путей, м;

$l_{лок}$ - длина поездноголокомотива, м;

$l_в$ - средняя длина вагона, м.

Величины $L_{по}$ и $l_в$ устанавливаются в соответствии с заданием. Длину локомотивов можно принимать: ВЛ-80 – 32,84 м; 2ТЭ10 – 33,94 м.

Число вагонов в составе грузового поезда рассчитывается отдельно для груженого и порожнего составов.

2. Организация вагонопотоков

Прежде чем разрабатывать этот раздел, необходимо внимательно ознакомиться с соответствующим материалом, изложенном в учебнике /1/ - раздел IV - "Управление

вагонопотоками на сети железных дорог" и учебном пособии /2/ и, на основе этого, кратко изложить в записке суть вопроса и его значение для организации движения поездов, а также аргументировано обосновать последовательность выполнения дальнейших расчетов по организации вагонопотоков.

2.1. Организация отправительских маршрутов

Кратко изложить роль и значение отправительских маршрутов для интенсификации перевозочного процесса. Эффективность организации отправительских маршрутов в общем случае определяется сопоставлением дополнительных затрат на станциях погрузки и выгрузки с получаемой экономией от проследования маршрутами попутных технических станций без переработки (табл.16 задания), т.е.:

$$t_{пм} + t_{вм} \le \sum_{i=1}^{n_{ст}} T_{эк_i} \quad , (2.1)$$

где $t_{пм}$ - дополнительные затраты времени на организацию отправительского маршрута на станции погрузки, ч;

$t_{вм}$ - дополнительные затраты времени на выгрузку маршрута, ч;

$n_{ст}$ - число технических станций на пути следования маршрута;

$T_{эк_i}$ - экономия времени на проследование маршрутом i -й технической станции без переработки, ч.

Дополнительные затраты времени на организацию отправительского маршрута на станции погрузки определяют по формуле:

$$t_{пм} = t_n \left(\frac{m}{m_{под}} - 1 \right) - t_{мр} \quad , (2.2)$$

где t_n - интервал между подачами, ч;

$m_{под}, m$ - количество вагонов соответственно в одной подаче и в маршруте;

$t_{мр}$ - экономия времени на маневровой работе на станции примыкания, ч.

Величины t_n, $t_{мр}$, $t_{вм}$ и $m_{под}$ принимаются в соответствии с исходными данными задания. Количество вагонов в маршруте равно их расчетному числу в составе поезда (груженого).

При расчетах выражение в скобках округлить до целого значения.

Пункты погрузки и выгрузки отправительских маршрутов, дальность пробега и получаемую экономию определяют по корреспонденциям в четном и нечетном направлениях (с использованием табл.1 и табл.16 исходных данных), для чего составляют табл.2.1, в которую вносят все назначения, имеющие 90 и более вагонов (колонки 1 и 2).

Таблица 2.1Характеристика отправительских маршрутов (цифры условные)

Наименование вагонопотока	Общий вагонопоток	Технические станции на рейсе		Затраты на маршрут	Выделено в маршруты	Расстояние, проходим	Общий пробег маршрутов

		наименование	экономия			ое маршрутом	
1	2	3	4	5	6	7	8
из *У* на *К*	2600	A,N,C	16,5	9,5	1300	650	845000
из *У* на *Е*	200	A,N,Д	17,0	9,5	100	700	70000
из *К* на *У*	2200	A,N,C	16,5	9,5	1100	650	715000
из *К* на *Е*	400	C,N,Д	17,5	9,5	200	680	136000
из *Е* на *У*	100	A,N,Д	17,0	9,5	50	700	35000
из *Е* на *К*	300	C,N,Д	17,5	9,5	150	680	102000
из *N* на *Е*	90	Д	7,0	9,5	-	-	-
Итого					2900		1903000

В третьей колонке табл.2.1 указываются технические станции, которые маршруты проходят без переформирования (эти станции устанавливаются из схемы полигона), а в четвертой – проставляется суммарная экономия от проследования станций маршрутами без переработки. Указанная экономия определяется суммированием соответствующих значений по каждой станции из табл.16 исходных данных.

Наконец, в пятой колонке отмечаются дополнительные затраты времени на организацию маршрута, рассчитанные по левой части формулы (2.1)

Из табл.2.1 видно, что затраты на организацию отправительского маршрута в корреспонденции *N-E* больше экономии, поэтому маршрут не назначается. В остальных случаях эффективность маршрутизации очевидна, поэтому в шестой колонке проставляются вагонопотоки, охвачиваемые маршрутизацией (50% от общих вагонопотоков), а в итоговой строке подсчитывается их сумма (в табл.2.1 - $\sum m_{ом} = 2900$ ваг.).

В седьмую колонку заносятся расстояния, проходимые маршрутами. Эти расстояния устанавливаются из схемы полигона и сведений о длинах отдельных участков, которые приведены в табл.1 исходных данных.

В последней (восьмой) колонке подсчитываются вагоно-километры пробега всех маршрутов, определяемые попарным перемножением данных шестой и седьмой колонок, а в итоговой строке проставляется их сумма (в табл.2.1 - $\sum Lm_{ом} = 1903000$ ваг-км.

По результатам выполненных расчетов определить:

процент отправительской маршрутизации:

$$M = \frac{\sum m_{ом}}{\sum m_n} 100\% \quad , (2.3)$$

где $\sum m_n$ - суммарная погрузка (итог табл.1.1);

среднюю дальность пробега маршрутов:

$$L_{ср}^{м} = \frac{\sum L m_{ом}}{\sum m_{ом}} \quad . (2.4)$$

2.2. Расчет оптимального плана формирования одногруппных поездов

Оптимальный план формирования поездов в курсовом проекте рассчитывается только в нечетном направлении из вагонов, не включенных в отправительские маршруты. Для оставшегося вагонопотока составляется табл. 2.2. В табл. 2.2 назначения, отмеченные чертой, не заполнять, а для остальных указать вагонопоток из табл.1.1, исключив из него отправительские маршруты.

Таблица 2.2 Вагонопоток для расчета плана формирования поездов в нечетном направлении

	А (*А-N*)	*N* (*N-С*) (*N-Д*)	*С*	*К*	*Д*	*Е*
У	35	65	0	1300	0	100
А	-	5	0	50	10	20
N+$\begin{pmatrix} А-N \\ Д-N \\ Д,Е \end{pmatrix}$	-	-	30	210	-	-
N+$\begin{pmatrix} А-N \\ С-N \\ С,К \end{pmatrix}$	-	-	-	-	20	315
С+(N-С)	-	-	-	30	-	-
Д+(N-Д)	-	-	-	-	-	70

Следует учитывать погрузку и выгрузку вагонов на участках. Вагоны, следующие под выгрузку на участок, включаются в вагонопоток назначением на техническую станцию, которая формирует сборный поезд на впередилежащий участок в данном направлении.

Например, в нечетном направлении ст. *А* формирует сборный поезд на участок *А-N*, поэтому вагоны, следующие под выгрузку на участок *А-N* из *У* включаются в струю вагонопотока назначением на ст. *А*. Аналогично в струю

вагонопотока из *У* на *N* включаются вагоны, следующие под выгрузку на ст. *N* и на участки *N-С* и *N-Д*.

Погруженные вагоны на участке включаются в струю вагонопотока впередилежащей по направлению его следования технической станции. Например, вагоны, погруженные на участках *А-N* и *N-Д* в нечетном направлении на *С* и *К*, учитываются в струе вагонопотока из *N*. Кроме того, в него включается угловой вагонопоток из *Д* и *Е* назначением на *С* и *К*. Аналогично учитывается и угловой вагонопоток из *С-N*, *С* и *К* назначением на *Д* и *Е*. В данном случае принято, что угловой поток поступает в переработку на ст. *N*, поскольку план формирования в четном направлении не рассчитывается.

При расчете оптимального плана формирования поездов используют нормативы, отражающие технологию работы станций и учитывающие время нахождения вагонов в отдельных подсистемах. Нормативы устанавливаются в зависимости от типа, технического оснащения и схемы путевого развития станции, объемов переработки вагонов на горках и уровней их загрузки, числа маневровых локомотивов, занятых расформированием и формированием поездов, длины и массы перерабатываемых составов, технического оснащения примыкающих линий, вида тяги и системы эксплуатации локомотивов. Нормативы являются переменными величинами.

В общем виде выделение вагонопотока N в отдельное назначение одногруппных поездов возможно лишь при соблюдении следующего *необходимого условия* (НУ):

$$N\sum_{i=1}^{i=k}\left(t_{эк}+r_{в}+r_{л}\right)_i = N\sum_{i=1}^{i=k}T_{экi} \geq cm \quad , (2.5)$$

где N - среднесуточный размер струи вагонопотока, принимаемый на расчетный период;

$t_{эк}$ - норма экономии времени, приходящаяся на один вагон потока N, при проследовании попутной технической станции в транзитном поезде без переработки, ч;

$r_{в}$ - эквивалент переработки вагонов (приведенная к стоимости 1 вагоно-ч экономия от сокращения переработки одного вагона), ч;

$r_{л}$ - эквивалент экономии локомотиво- и бригадо-часов (приведенная к стоимости 1 вагоно-ч экономия от сокращения простоя локомотива и времени работы бригады при ликвидации на станции перецепки локомотива от одного поезда к другому в связи с выделением в отдельное назначение вагонопотока N), ч;

$T_{экi}$ - общая приведенная экономия времени, приходящаяся на один вагон потока N, при проследовании попутной технической станции в транзитном поезде без переработки, $T_{экi} = t_{эк} + r_{в} + r_{л}$, ч;

c - параметр накопления, ч;

m - средневзвешенная расчетная величина перерабатываемых составов, определяемая по плановой массе поездов в графике движения;

k - число попутных технических (сортировочных и участковых) станций для рассматриваемой струи вагонопотока.

Кроме необходимого условия (2.5), величины $t_{эк}, r_{в}, r_{л}$ требуются также для установления достаточного и общего достаточного условий выделения вагонопотока в отдельное назначение одногруппных сквозных поездов. При наличии ближнего назначения выделение более дальнего вагонопотока $N_{Д}$ в самостоятельное назначение одногруппных поездов допускается лишь при соблюдении *достаточного условия*:

$$N_Д \sum_{уст} T_{эк} \geq cm$$, (2.6)

где $\sum_{уст} T_{эк}$ - сумма приведенной экономии времени при проследовании вагона без переработки через попутные технические станции, расположенные между станциями назначения ближнего N и дальнего $N_Д$ вагонопотоков на уступе (включая станцию назначения ближнего N вагонопотока)

Если для какой-либо струи вагонопотока затраты на накопление перекрываются сбережениями приведенных вагоно-часов по одной из попутных технических станций с наименьшей расчетной экономией $min T_{эк}$, то эта струя всегда выделяется в отдельное назначение, так как она удовлетворяет *общему достаточному* условию (ОДУ):

$$N \times min T_{эк} \geq cm$$. (2.7)

В исходных данных на курсовой проект уже содержатся результирующие нормативы параметра накопления по техническим станциям (табл.15), а также общая приведенная экономия времени, приходящаяся на один вагон, при проследовании им попутной технической станции в транзитном поезде без переработки (табл.16). Используя их, а также данные о расчетной величине состава грузового поезда (в вагонах) необходимо составить табл.2.3.

Таблица 2.3

Расчетные параметры плана формирования поездов (цифры условные)

Параметр	Технические станции				
	У	*А*	*N*	*С*	*Д*
$T_{эк} = t_{эк} + r_в + r_л$	-	6,0	4,0	6,5	7,0
c	9,0	9,6	10,5	11,2	10,0
m	50	50	50	50	50
cm^*	450	480	525	560	500

* - значение cm округляют до целого числа.

Оптимальный план формирования поездов рассчитывают методом совмещенных аналитических сопоставлений [/1/, с.299-302; /2/. с.63-70].

Расчет плана формирования одногруппных грузовых поездов методом совмещенных аналитических сопоставлений выполняется графоаналитическим способом. В верхней части расчетного графика (рис.2.1) приводятся исходные данные, в числе которых: схема направления; возле каждой технической станции проставляются среднесуточные затраты вагоно-часов на накопление вагонов одного назначения (cm) и приведенная экономия от проследования станции одним транзитным вагоном без переработки ($T_{эк}$). Под схемой направления отображается ступенчатая диаграмма вагонопотоков.

Центральная часть является расчетной, а в нижней - показывается оптимальный план формирования одногруппных грузовых поездов для рассматриваемого направления.

Сущность метода заключается в последовательном отборе наиболее выгодных назначений поездов следующим порядком.

Проверяют, соответствуют ли вагонопотоки между начальными и конечными станциями рассматриваемого направления общему достаточному условию; удовлетворяющие этому условию струи переносятся в оптимальный план формирования (нижнюю часть графика) и исключаются из дальнейшего рассмотрения.

Из оставшихся струй вагонопотоков составляются все возможные назначения сквозных поездов. При этом струи одного направления объединяются с ранее зародившимися или с вагонопотоками, следующими далее станции назначения рассматриваемой струи. В правой части графика назначений подсчитываются: суммарная экономия от проследования вагонами каждой индивидуальной или объединенной струи попутных технических станций без переработки, затраты на их накопление на станциях формирования сквозных поездов и разница между отмеченной экономией и затратами $\left(N\sum T_{эк} - cm\right)$. В случае если указанная разница имеет отрицательный знак проставляется прочерк, который свидетельствует о том, что выделение данной струи (струй) в самостоятельное одногруппное назначение нецелесообразно.

Из рассчитанных экономий вагоно-часов выбирается максимальная и производится анализ назначения, которому она соответствует. Если назначение является одноструйным, то оно однозначно переносится в оптимальный план формирования, а его вагонопоток исключается из дальнейшего рассмотрения. В противном случае (если назначение многоструйное) выполняется проверка целесообразности выделения ранее зародившихся струй или струй, следующих на станции, находящиеся далее станции погашения многоструйного назначения, в самостоятельное одногруппное (и одновременно одноструйное) назначение. При этом рассчитывается дополнительная экономия от проследования вагонами каждой рассматриваемой струи еще одной или нескольких попутных технических станций без переработки и определяются затраты, связанные с их накоплением.

Если дополнительная экономия по каждой индивидуальной струе не покрывает затрат на накопление вагонов при их выделении в самостоятельные назначения, то в оптимальный план формирования переносится первоначальное многоструйное назначение. В противном случае - в оптимальный план формирования переносится то одноструйное назначение, которое дает наибольшую положительную разницу $\left(N\sum T_{эк} - cm\right)$.

На следующем этапе производится корректировка первоначально установленных назначений сквозных поездов, при которой выделенная в оптимальный план формирования струя (струи) исключается из других возможных сквозных назначений. В процессе этой корректировки вагонопотоки многоструйного назначения, зародившиеся или погашаемые на смежных технических станциях (формирования или расформирования составов многоструйного назначения), переносятся в участковые назначения.

Далее для нового набора сквозных назначений расчеты повторяются. Они прекращаются тогда, когда в правой части графика назначений будут присутствовать одни прочерки $\left(N\sum T_{эк} - cm\right) < 0$. В этом случае все оставшиеся струи переносятся в участковые назначения.

Проверка правильности определения оптимального плана формирования одногруппных поездов производится суммированием вагонопотоков, перемещающихся по каждому участку, в ступенчатой диаграмме вагонопотоков и в схеме оптимального плана формирования и попарным сравнением указанных сумм, которые безусловно должны быть равны.

Рассмотрим порядок определения оптимального плана формирования одногруппных поездов для исходных данных, приведенных в табл.2.3.

Прежде чем составлять график назначений сквозных поездов, необходимо проверить, удовлетворит ли вагонопоток между конечными станциями *У* и *К*, *У* и *Е* общему достаточному условию (2.7):

для *У-К*: $1300 \times 4 > 450$ - удовлетворяет ОДУ;

для *У-Е*: $100 \times 4 < 450$ - не удовлетворяет ОДУ.

Следовательно, одноструйное назначение *У-К* включается в оптимальный план формирования и в графике назначений не приводятся, в то время как *У-Е* – наоборот остается в графике назначений и на данном этапе эффективность его включения в оптимальный план формирования не доказана. Рекомендуется цифру 1300 в ступенчатом графике зачеркнуть карандашом, как не участвующие в дальнейших расчетах.

Далее составляем график назначений сквозных поездов, проходящих без переработки не менее одной технической станции и проверяем их по необходимому условию (2.5).

Из расчета (рис.2.1) видно, что шесть назначений удовлетворяют НУ, из них наибольшую экономию дает *N-E* (оно называется исходным). Это назначение является многоструйным, поскольку в него включены три назначения *У-Е*, *А-Е*, *N-E*, и оно короче более дальних назначений *У-Е* и *А-Е*. Из этих дальних назначений выбираем одно с наибольшей экономией (в примере *У-Е*) и делаем проверку: можно ли его выделить из исходного в самостоятельное? Если да, то в исходном назначении вагонопоток уменьшится на 100 вагонов и суммарная экономия уменьшится на 700 ваг-ч, которую дает *У-Е* по ст. *Д*. Следовательно, если самостоятельным будет назначение *У-Е*, а исходным – *N-E*, то общая экономия от выделения вагонопотока *У-Е* в самостоятельное назначение и уменьшения исходного назначения составит:

$$1250 + (2520 - 700) = 3070$$

Это больше, чем в исходном назначении, поэтому целесообразно выделить *У-Е* в самостоятельное назначение (дальнее назначение выделяют в самостоятельное всегда, когда общая экономия больше, чем в исходном назначении). Таким образом, назначение *У-Е* включается в оптимальный план формирования поездов.

Далее выполняем первую корректировку. Опять создаем сквозные назначения и по каждому из них определяем экономию. В процессе расчетов установлено, что наибольшую экономию дает двухструйное назначение *N-E*, которое состоит из вагонов собственно струи *N-E* и более дальнего назначения *А-Е*. Из рис.2.1 видно, что выделение струи *А-Е* в самостоятельное назначение не эффективно, поэтому в оптимальный план формирования переносим назначение *N-E*, а передачу вагонопоток *А-Е* на участке *А-N* осуществляем в сборных поездах.

Выполняем вторую корректировку, после которой видно, что на графике сквозных назначений осталось четыре, из которых только два дают экономию вагоно-часов. Наибольшая экономия присутствует у двухструйного назначения *N-К*. В случае выделения из него одноструйного назначения *А-К*:

$$45 + (1165 - 325) = 885$$

Таким образом, по сравнению с исходным назначением экономия уменьшается, что говорит о нецелесообразности выделения *А-К* в самостоятельное назначение. Поэтому в оптимальный план формирования переносим назначение *N-К*, а вагонопоток *А-К* на участке *А-N* будет перемещаться в участковых поездах.

После третьей корректировки устанавливаем, что ни одно из двух оставшихся сквозных назначений не удовлетворяет НУ. Поэтому их вагонопоток отмечается в соответствующих назначениях участковых поездов.

Ниже общих вагонопотоков, обведенных рамкой, наносятся назначения отправительских маршрутов нечетного направления, а также угловые потоки *Е-К* и *К-Е* и сборные поезда на участках *А-N*, *N-Д*, *N-С* с указанием числа вагонов.

2.3. Определение показателей плана формирования

В заключение рассчитывают следующие показатели плана формирования поездов:

количество формируемых назначений всего и по каждой станции, с учетом сборных поездов на участках *А-N*, *N-С*, *N-Д*;

средний простой под накоплением определяется:

по каждому назначению:

$$t_{нак} = \frac{cm}{N}; \quad (2.8)$$

в среднем по каждой станции:

$$t_{нак}^{ср} = \frac{cmK_н}{\sum N}, \quad (2.9)$$

где N - вагонопоток данного назначения;

$K_н$ - число назначений поездов, формируемых на данной станции;

$\sum N$ - общий вагонопоток в $K_н$ назначениях;

коэффициент транзитности по ст. *N*, равный отношению транзитного вагонопотока, проходящего станцию без переработки, к общему транзитному вагонопотоку, следующему через эту станцию (определяется с учетом отправительских маршрутов):

$$K_{тр} = \frac{\sum N_{тр/б}}{\sum N_{тр/б} + \sum N_{тр/с}}, \quad (2.10)$$

где $\sum N_{тр/б}$ - число вагонов, следующих через ст. *N* без переработки, с учетом отправительских маршрутов;

$\sum N_{тр/с}$ - число транзитных вагонов, проходящих ст. *N* с переработкой.

Знаменатель формулы (2.10) определяют по диаграмме груженых вагонопотоков - суммируют общее отправление груженых вагонов из *N* в направлении на *С* и на *Д* и из этой суммы вычитается число погруженных вагонов на ст. *N* назначением на *С*, *К*, *Д*, *Е* и на участки *N-С*, *N-Д*.

3. Организация местной работы на железнодорожных участках

3.1. Определение погрузки и выгрузки на опорных станциях

Таблица вагонопотоков (табл.1.1) и диаграмма груженых вагонопотоков (рис.1.2) содержат общую информацию о погрузке и выгрузке вагонов на железнодорожных участках (в отдельных случаях в таблице и на диаграмме могут отражаться крупные грузовые станции). В то же время, для разработки технологии

развоза местного груза требуется детальная информация о погрузке и выгрузке вагонов на каждой промежуточной станции участка. Такая информация может задаваться в форме таблицы местных вагонопотоков (табл.3.1), детализирующей погрузочно-выгрузочную работу по каждой станции участка.

Предварительно в данном разделе курсового проекта указывается на каком участке разрабатывается технология развоза местного груза. Для заданного участка (п.15 исходных данных) по табл.1.1 (или диаграмме – рис.1.2) определяют общее количество погруженных вагонов в четном и нечетном направлениях и прибытие под выгрузку с четного и нечетного направлений. Затем согласно заданию в пояснительной записке составляют табл.3.1, где указывают погрузку и выгрузку по каждой опорной станции в процентах и вагонах.

Таблица 3.1Распределение погрузки и выгрузки по опорным станциям участка

Промежуточные станции	Погрузка				Выгрузка			
	в четном направлении		в нечетном направлении		с четного направления		с нечетного направления	
	%	ваг.	%	ваг.	%	ваг.	%	ваг.
2	20	5	15	7	25	9	35	10
4	30	8	20	9	25	9	15	5
6	15	4	35	16	25	9	30	9
8	35	8	30	13	25	8	20	6
Всего	100	25	100	45	100	35	100	30

Так, например, из диаграммы груженых вагонопотоков (рис.1.2) видно, что на однопутном участке *N-Д* погрузка в четном направлении составляет 25 вагонов, а в нечетном – 45 вагонов; выгрузка на промежуточных станциях соответственно равна: вагонов, поступивших с четного направления – 35, с нечетного 30. Согласно заданному процентному распределению погрузки-выгрузки в табл.3.1 приведены объемы грузовой работы на опорных промежуточных станциях участка в абсолютных величинах.

На основании табл.3.1 составляют диаграмму местных вагонопотоков между опорными станциями (рис. 3.1). На диаграмме показываются технические и промежуточные станции. В нижней части диаграммы отображается вагонопоток, следующий в нечетном направлении, а в верхней - в четном. Первоначально на диаграмму наносят вагонопотоки, следующие под выгрузку, а затем - выходящие с участка после погрузки. На каждой станции указывается количество выгруженных вагонов (со знаком "минус") и количество погруженных вагонов (со знаком "плюс"). В нижней части диаграммы (под каждой станцией) проставляется избыток вагонов (со

знаком "плюс") или их недостаток (со знаком "минус"). На завершающем этапе построения диаграммы происходит распределение порожнего вагонопотока между станциями его избытка и недостатка. Излишний порожний вагонопоток "выводится" с участка. При этом направление его следования должно совпадать с общим направлением следования порожних вагонов. Если же погрузка больше выгрузки, то порожние вагоны поступают на участок с участковой станции по направлению общего потока порожних вагонов (см. рис.1.3 - "Диаграмма порожних вагонопотоков").

Прицепка и отцепка порожних вагонов отображается по каждой станции в знаменателе. При распределении порожних вагонов следует стремиться к минимизации их пробега внутри участка.

Правильность построения диаграммы проверяется равенством чисел, получаемых сложением входящего на участок порожнего и груженого вагонопотоков с четного и нечетного направлений (30+35+5=70) и выходящих вагонопотоков (25+45=70).

3.2.Организация работы сборных поездов

Согласно диаграмме (рис.3.1) выполняют расчет количества сборных поездов по перегону с наибольшим вагонопотоком (по весу) с учетом исходных данных задания и расчетных формул из [/2/, с. 162-163, 311-319, 522 или /3/ с. 246-250]. В общем случае:

$$n_{сб} = \frac{N_{max}^{ч(н)}}{m}, \quad (3.1)$$

где $N_{max}^{ч(н)}$ - максимальный вагонопоток на перегонах рассматриваемого участка, перемещаемый в четном (нечетном) направлении.

m - расчетное число вагонов в составе поезда.

Результат расчетов по формуле (3.1) следует округлять до ближайшего целого значения в большую сторону.

Из диаграммы (рис.3.1) видно, что и в четном и в нечетном направлениях максимальный вагонопоток перемещается на перегонах между технической станцией *Д* и промежуточной станцией *8* (соответственно 40 и 45 вагонов). При числе вагонов в составе, равном 50, на рассматриваемом участке следует назначить одну пару сборных поездов.

Время работы сборных поездов (четного и нечетного направлений) на каждой промежуточной станции принимают 30 мин.

Далее рассматривают два варианта прокладки сборных поездов. На графике указывают время прибытия и отправления сборных поездов и количество отцепленных (-) и прицепленных (+) вагонов по каждой опорной станции. Согласно исходным данным задания указанные варианты должны различаться минимальным временем простоя вагонов под грузовыми операциями (соответственно 6 и 8 часов). Если на участке работает две пары сборных поездов, то интервал между отправлением их с технических станций принять около 12 ч.

Для расчета простоя местного вагона и под одной грузовой операцией на заданном участке для каждого варианта прокладки сборных поездов составляют табл.3.2 - для первого варианта и табл.3.3 (здесь не приводится) - для второго.

Таблица 3.2Расчет простоя местных вагонов на участке (цифры условные)

Опорные станции	Прибытие			Отправление			Простой местного вагона	Вагоно-часы
	№ поезда	Время	Количество вагонов	№ поезда	Время	Количество вагонов		

8	3401 3402 и т.д.	10-00 17-00	8 13	3402 3401 и т.д.	17-30 10-30	8 10	7-30 17-30	60 175
Всего								

Для сокращения простоя вагонов при составлении табл.3.2 и табл.3.3 рекомендуется вагоны из-под выгрузки, прибывшие с четным поездом, максимально использовать для погрузки вагонов, отправляемых с нечетным поездом, и наоборот.

По данным табл.3.2 определяют простой местного вагона под одной грузовой операцией по первому варианту, а по табл.3.3 - по второму варианту:

$$t_{гр} = \frac{\sum B_{вч}}{m_п + m_в}, \quad (3.2)$$

где $\sum B_{вч}$ - суммарные вагоно-часы нахождения местных вагонов на промежуточных станциях участка в рассматриваемом варианте (принимаются по итоговой строке табл.3.2 или табл.3.3);

$m_п, m_в$ - общее количество соответственно погруженных и выгруженных вагонов на промежуточных станциях участка.

Лучший вариант прокладки сборных поездов принимается по минимуму вагоно-часов простоя.

На втором участке, где разрабатывается график движения, время отправления сборных поездов с технических станций и продолжительность их работы на опорных станциях принимают такими же, как в лучшем варианте графика на заданном участке.

3.3.Расчет показателей местной работы

Для расчета показателей по рассматриваемому полигону в целом, рекомендуется составить табл.3.4, где простой вагонов принимается: на участковых станциях по заданию (табл.18), а на трех участках (*А-N*, *С-N*, *Д-N*) одинаковым, полученным из расчета на заданном участке.

Таблица 3.4Расчет показателей местной работы на полигоне (цифры условные)

Участковые станции и участки	Погрузка	Выгрузка	Количество грузовых операций	Простой под грузовой операцией, ч	Вагоно-часы	Участвовало вагонов	Простой местного вагона	Коэффициент сдвоенных операций
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	115	85	200	12,0	2400	115	20,87	1,74

С	25	55	80	15,0	1200	55	21,82	1,45
Д	125	65	190	14,0	2660	125	21,28	1,52
N	205	145	350	10,0	3500	205	17,07	1,71
N-А	75	70	145	16,0	2320	75	30,93	1,93
N-С	55	65	120	16,0	1920	65	29,54	1,85
N-Д	70	65	135	16,0	2160	70	30,86	1,93
По полигону	670	550	1220	13,25	16160	710	22,76	1,72

Погрузка и выгрузка (графы 2 и 3) по подразделениям (графа 1) принимаются из диаграммы груженых вагонопотоков (рис.1.2), либо табл.1.2. Количество грузовых операций (графа 4) определяется простым суммированием размеров погрузки и выгрузки в вагонах. Вагоно-часы (графа 6) рассчитываются перемножением числа грузовых операций на простой под одной грузовой операцией. Поскольку в курсовом проекте подвижной состав принят взаимозаменяемым (все вагоны из-под выгрузки могут быть использованы под погрузку), то в графе "Участвовало вагонов" проставляется большая из двух величин: погрузка или выгрузка (графы 2 и 3). Простой местного вагона (графа 8) определяется делением вагоно-часов на количество вагонов, участвовавших в грузовых операциях. Коэффициент сдвоенных операций (графа 9) рассчитывается делением числа грузовых операций на количество вагонов, принимавших в них участие.

4. Разработка графика движения поездов и расчет пропускной способности участков

Кратко показать роль графика движения поездов в организации эксплуатационной работы [/1/, с. 321-322; /3/, с. 4-6; /4/, с. 261-263; /5/, с. 195-200].

4.1.Определение количества и категории грузовых поездов

На основе диаграмм груженых и порожних вагонопотоков, а также рассчитанного числа вагонов в груженых и порожних составах определить общее количество грузовых поездов на всех трех участках полигона.

Далее из общего количества груженых поездов на основании оптимального плана формирования для нечетного направления выделить сквозные, участковые, сборные поезда.

В четном направлении структуру поездопотока принять такой же, как и в нечетном.

По результатам расчета составить табл.4.1.

Таблица 4.1 Количество грузовых поездов на участках

Наименование поезда	*А-N*		*N-Д*		*N-С*	
	Нечетное направление	Четное направление	Нечетное направление	Четное направление	Нечетное направление	Четное направление
Всего	60	60	17	17	62	62
В том числе:						
сквозных	56	54	15	14	60	59
участковых	3	3	1	1	1	1
сборных	1	1	1	1	1	1
резервных локомотивов	-	2	-	1	-	1

В общем случае количество поездов рассчитывается путем деления груженого вагонопотока на число вагонов в составе груженого поезда $m_{гр}$ (порожнего вагонопотока на число вагонов в составе порожнего поезда $m_{пор}$).

4.2. Основные исходные данные для составления графика движения поездов

Для участков, на которых составляется график (*А-N* и *N-Д*), этот параграф выполнить в следующей последовательности:

Определить элементы графика: согласно заданию составить таблицы времени хода по перегонам грузовых и пассажирских поездов на однопутном (в пояснительной записке будет табл.4.2) и двухпутном (в пояснительной записке будет табл.4.3) участках; подсчитать общее время хода по участку в четном и нечетном направлениях и определить ходовую скорость пары этих поездов, а на двухпутном участке - еще и в каждом направлении.

Далее определить среднюю ходовую скорость пары грузовых поездов на участке, где не строится график, его длину взять из задания, а время хода поездов - из табл.4.3.

Определить станционные интервалы: неодновременного прибытия ($\tau_{нп}$), попутного прибытия поездов ($I_{пр}$), попутного отправления поездов ($I_{от}$), межпоездной интервал (I) на однопутном и двухпутном участках согласно [/3/, с. 14-29; /5/, с. 268-272; /6/, с. 206-220].

Для каждого интервала привести: схему скрещения поездов (грузового с грузовым) и обгона (грузового поезда пассажирским), а также схему взаимного расположения поездов при подходе к раздельному пункту и расчетную формулу. В качестве расчетной принять среднюю ходовую скорость и заданную длину блок-участов. Межпоездной интервал определяется при трехблочном разграничении

поездов. Интервал скрещения принять равным 1 мин. Все интервалы после точного расчета округлить до целого большего числа.

4.3. Определение наличной пропускной способности перегонов

Дать понятие наличной пропускной способности перегонов [/1/, с. 333-336; /3/, с. 30-34; 5, с. 274-280; /6/, с. 312-324], и цель ее расчета в курсовом проекте.

Согласно действующей Инструкции МПС РФ /10/ наличную пропускную способность перегонов определяют по следующим формулам:

а) на однопутных участках с диспетчерской централизацией (пар поездов):

$$N_{од} = \frac{(1440 - t_{техн})\alpha_{над}}{T_{пер}\left(1 - \frac{\alpha(K-1)}{K}\right) + \frac{2I\alpha(K-1)}{K}}; \quad (4.1)$$

б) на двухпутных линиях с автоблокировкой по каждому главному пути (поездов):

$$N_{дв} = \frac{(1440 - t_{техн})\alpha_{над}}{I}, \quad (4.2)$$

где $t_{техн}$ - технологическое "окно" для выполнения работ по текущему содержанию пути (на однопутных участках - 60 мин, на двухпутных - 120 мин);

$\alpha_{над}$ - коэффициент, учитывающий влияние отказов технических устройств на пропускную способность (на однопутных линиях при электрической тяге - 0.92, а при тепловозной - 0,89; на двухпутных линиях соответственно 0,92 и 0,90).

I - расчетный межпоездной интервал в пакете при автоблокировке, мин;

K - число поездов в пакете;

$T_{пер}$ - период графика на однопутном участке, мин.

Определение параметров $T_{пер}, K, \alpha$ в пояснительной записке дать самостоятельно по аналогии с приведенным выше определением для $t_{техн}, \alpha_{над}$. В расчетах принять $\alpha = 1, K = 2$ и обосновать это исходя из количества путей на промежуточных станциях; привести схему периода графика при расчетных значениях α и K.

Меньшее значение $T_{пер}$ выбрать из анализа четырех схем, которые разрабатываются для ограничивающего перегона.

Ограничивающим называется перегон, имеющий максимальный (из всех перегонов рассматриваемого участка) период графика или минимальную пропускную способность. В первом приближении ограничивающим является перегон, имеющий максимальное суммарное время хода пары поездов (в четном и нечетном направлениях). От порядка проследования поездов через этот перегон зависит величина периода графика, а, следовательно, и пропускная способность не только самого ограничивающего перегона, но и всего железнодорожного участка. Оптимальный же вариант прокладки ниток графика на однопутном участке должен обеспечивать максимальную пропускную способность ограничивающего перегона.

При отсутствии технической стоянки на станциях, примыкающих к ограничивающему (или близким к нему по времени хода поездов) перегону, возможны следующие четыре схемы прокладки поездов и соответствующие им формулы расчета периода графика движения.

1. Поезда пропускают с ходу на ограничивающий перегон (рис.4.1):

$T_{пер} = t' + t'' + \tau_{нп}^{А} + \tau_{нп}^{Б} + 2t_з$, (4.3)

где t' и t'' - время хода поезда по перегону соответственно в нечетном и четном направлениях (без учета времени на разгон и замедление), мин;

$\tau_{нп}^{А}, \tau_{нп}^{Б}$ - интервалы неодновременного прибытия поездов соответственно на станциях *А* и *Б*, мин;

$t_з$ - время на замедление поезда, мин.

2. Поезда пропускают с ходу с ограничивающего перегона (рис.4.2):

$T_{пер} = t' + t'' + \tau_{с}^{А} + \tau_{с}^{Б} + 2t_р$, (4.4)

где $t_р$ - время на разгон поезда, мин;

$\tau_{с}^{А}, \tau_{с}^{Б}$ - интервалы скрещения соответственно на станциях *А* и *Б*, мин.

3. Нечетные поезда пропускают с ходу через оба раздельных пункта, примыкающих к ограничивающему перегону (рис.4.3):

$T_{пер} = t' + t'' + \tau_{нп}^{А} + \tau_{с}^{Б} + t_р + t_з$. (4.5)

4. Четные поезда пропускают с ходу через оба раздельных пункта, примыкающих к ограничивающему перегону (рис.4.4):

$T_{пер} = t' + t'' + \tau_{с}^{А} + \tau_{нп}^{Б} + t_р + t_з$. (4.6)

Из перечисленных выбирают схему с наименьшим периодом графика.

Схема пропуска поездов на труднейший перегон

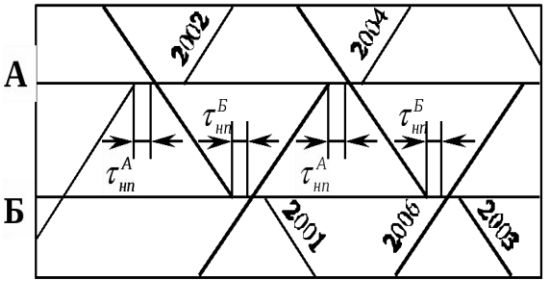

Рис.4.1

Схема пропуска поездов с труднейшего перегона с ходу

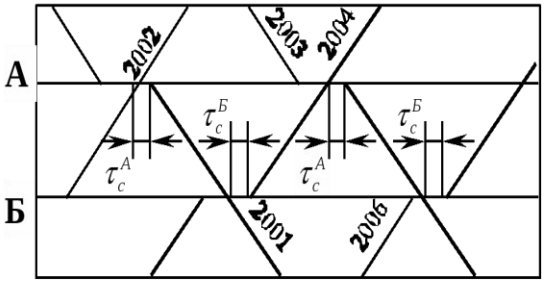

Рис.4.2

Схема пропуска нечетного поезда по труднейшеу перегону с ходу

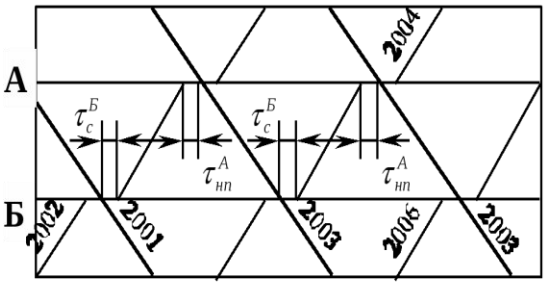

Рис.4.3

Схема пропуска четного поезда по труднейшеу перегону с ходу

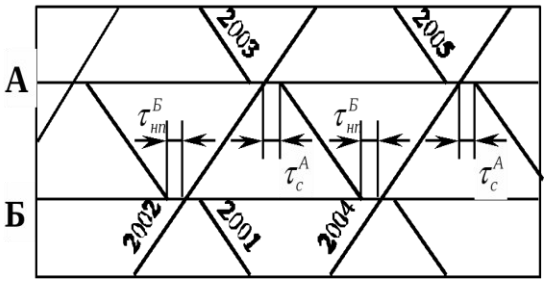

Рис.4.4

Так как интервалы скрещения и неодновременного прибытия, время разгона и замедления в общем случае не равны между собой, то должна быть выбрана та схема

пропуска поездов через раздельные пункты, примыкающие к ограничивающему перегону, которая дает наименьшую сумму станционных интервалов, времени разгона и замедления поезда.

Наличная пропускная способность перегонов используется поездами разных категорий, что имеет место при непараллельном графике. Чтобы определить, можно ли пропустить все эти поезда, их через коэффициенты съема $\varepsilon_{пс}, \varepsilon_{сб}$ приводят к одной категории поездов, по которой рассчитывается наличная пропускная способность. Как правило, это грузовые транзитные поезда.

Приведенное количество поездов $n_{пр}$ определяют из выражения:

$$n_{пр} = n_{гр} + n_{пс}\varepsilon_{пс} + n_{сб}(\varepsilon_{сб} - 1), \quad (4.7)$$

где $n_{гр}$ - количество пар грузовых поездов с учетом сборных $n_{сб}$;

$n_{пс}$ - количество пар пассажирских поездов.

Коэффициенты съема для пассажирских поездов определяют по формулам:

а) на однопутных линиях с диспетчерской централизацией:

$$\varepsilon_{пс} = 1 + 0{,}6\alpha - \frac{20C_4^{ф}}{n_{пс}} \geq 1; \quad (4.8)$$

б) на двухпутных линиях с автоблокировкой:

$$\varepsilon_{пс} = \frac{t_{гр}(1-\Delta)(0{,}8 - 0{,}005n_{пс})}{I} + 1{,}3, \quad (4.9)$$

где $C_4^{ф}$ - отношение количества промежуточных станций с четырьмя путями к общему количеству станций на участке;

$t_{гр}$ - время хода грузового поезда по максимальному перегону, мин;

Δ - отношение средней ходовой скорости грузового поезда на участке к средней ходовой скорости пассажирского.

Коэффициент съема сборных поездов определяют из выражений:

а) на однопутном участке с диспетчерской централизацией:

$$\varepsilon_{сб} = \frac{2I}{T_{пер}}(1{,}2 + 0{,}9C_{сб}) - 0{,}4n_{пс}(1-\Delta) - 0{,}5 \geq 1, \quad (4.10)$$

где $C_{сб}$ - количество станций, обслуживаемых сборным поездом;

б) на двухпутных линиях с автоблокировкой:

$$\varepsilon_{сб} = (C_{сб} + 1)[1 - 0{,}02n_{пс}(2-\Delta)] \geq 1. \quad (4.11)$$

Коэффициент заполнения пропускной способности:

$$\gamma_N = \frac{n_{пр}}{N}. \quad (4.12)$$

Резерв пропускной способности:

в поездах или парах поездов:

$$n_{рез} = N - n_{пр}; \quad (4.13)$$

в процентах:

$$n'_{рез} = \left(1 - \frac{n_{пр}}{N}\right)100\%. \quad (4.14)$$

4.4. Построение графика движения поездов

График движения поездов составляется на участках *А-N* и *N-Д* на типовой сетке бланка, утвержденного МПС, или на листе ватмана со строгим соблюдением размеров

типовой сетки (10 мин – 5 мм).

На бланке графика участки и перегоны располагают в последовательности, приведенной на рис.4.5. Перегоны принять одинаковой, длины.

Составление графика начинают с прокладки пассажирских поездов, затем сборных и после этого прокладывают грузовые поезда.

Прокладку на графике пассажирских поездов выполняют с соблюдением режима следования по участкам, установленного заданием. Согласно учебному шифру по табл.19 исходных данных составить расписание пассажирских поездов по ст. *А*, *Д* и *N* и режим движения по участкам, которые приводят в табл. 4.2, 4.3 и 4.4.

Таблица 4.2

Время отправления четных пассажирских поездов со станции *Д*

Порядковый номер поезда	Номер поезда	Время, ч	Категория поезда и режим движения на участке
1			
2			
3			
4			
5			

Таблица 4.3

Время отправления нечетных пассажирских поездов со станции *А*

Порядковый номер поезда	Номер поезда	Время, ч	Категория поезда и режим движения на участке	Станция назначения
1				
2				
3				
4				
5				

Если время отправления на участок *N-A* пассажирских поездов, прибывших из *С*, совпадает с временем отправления поезда, следующего из *Д*, то первым отправляется поезд высшей категории, а за ним - второй через 10 мин. Если категории поездов одинаковые, первым отправляется поезд, прибывший из *Д*. Прокладку грузовых поездов можно начинать с участковых станций со средним интервалом, равным:

Таблица 4.4Время прибытия четных поездов на станцию *N* со станции *С*

Порядковый номер поезда	Номер поезда	Время, ч	Категория поезда и режим движения на участке
6 7 8 9 10			

$$I_{ср} = \frac{1440 - t_{техн}}{n_{пр}}, \quad (4.15)$$

где $n_{пр}$ - условное число "ниток" грузовых поездов, где пакет из двух поездов на однопутном участке считается за одну "нитку".

При построении графика между соседними "нитками" фактический интервал может быть от $0{,}8I_{ср}$ до $1{,}1I_{ср}$.

На участковых станциях А. Д графически показать простой транзитных грузовых поездов и время нахождения в оборотном депо локомотивов в сторону заданного участка.
Все поезда прокладывают и на перегоне соседнего отделения. Время хода по этому перегону принимают равным времени хода на третьем перегоне заданного участка. При организации скрещения и обгона поездов на станциях участка следует учитывать их путевое развитие. Цифры времени прибытия и отправления ставят в тупом углу, образованном линией хода поезда и осью станции, а при безостановочном пропуске - в тупом углу по отправлению. Номера четных и нечетных поездов проставляют соответственно на крайних и вторых перегонах участка от участковой и сортировочной станции.

На однопутном участке прокладывают по четыре пакета поездов в четном и нечетном направлениях (в каждом пакете два грузовых поезда).

В дневное время суток на графике предусматривают технологические "окна": 2 ч по каждому пути на двухпутном участке и 1 ч на однопутном участке.

Поезда различных категорий нумеруют:

Скорые 1 - 150

Пассажирские дальнего сообщения 151 – 298

Пассажирские местного сообщения 601 – 698

Сквозные грузовые 2001 – 2998

Участковые 3001 – 3398
Сборные 3401 – 3498
Вывозные 3501 – 3598
Одиночные локомотивы 4301 – 4398

На ст. *N* графически показать стоянку транзитных поездов, причем время прибытия из *С* отметить на пути приема вертикальной чертой стрелкой вверх, а время отправления на пути отправления - вертикальной чертой стрелкой вниз. Так же отметить время прибытия и отправления пассажирских поездов.

4.5. Расчет качественных показателей графика движения поездов

Для каждого участка определить следующие показатели для грузового движения:

участковую скорость [/1/, с. 356-357; /5/, с. 297; /6/, с. 267];

коэффициент участковой скорости:

$$\beta_x = \frac{V_{уч}}{V_x}, \quad (4.16)$$

где $V_{уч}$ - участковая скорость, км/ч;

V_x - ходовая скорость, км/ч;

среднее время стоянки транзитных грузовых поездов на станциях *А*, *Д*, *К*;

среднее время простоя локомотивов на станциях.

рабочий парк локомотивов [/1/, с. 381-383; /5/, с. 525-528, формулы (8.59), (8.60)];

время нахождения локомотивов на участках *А-N* и *N-Д*.

На участках, где составляются графики, участковая и техническая скорости определяются с учетом сборных поездов один раз для поездов обоих направлений.

Для расчета участковой и технической скорости составляются таблицы по типу табл.4.5.

Таблица 4.5Расчет времени нахождения поездов на участках

Номер поезда	Время отправления с технической станции	Время прибытия на техническую станцию	Время в пути		
			всего	в движении	на промежуточных станциях
2002	0-20	4-44	4-24	4-18	0-06
2004	0-42	4-57	4-15	4-15	0-00
и т.д.					

Для определения средней продолжительности стоянки транзитного поезда на технической станции и среднего времени нахождения локомотива на станции оборотного депо составляются таблицы по типу табл.4.6. и табл.4.7. участковая скорость на двухпутном участке *N-С*, где не составляется график движения поездов,

определяется по ходовой скорости данного участка и коэффициенту участковой скорости (к ходовой), полученной по графику на участке *N-A*.

По этой скорости через поездо-км определяются поездо-часы, необходимые для расчета участковой скорости на отделении.

Таблица 4.6 Расчет времени стоянки транзитных поездов на технической станции

Номер поезда	Время прибытия	Время отправления	Простой
2001	3-50	4-20	0-30
2003	4-12	4-47	0-35
и т.д.			

Таблица 4.7

Номер поезда	Время прибытия	Время отправления	Номер поезда	Простой
2340	16-27	17-45	2351	1-18
2342	16-42	18-22	2017	1-40
и т.д.				

На каждом участке рассчитывается среднее время оборота поездных локомотивов:

$$\Theta_л = \frac{2L_{уч}}{V_{уч}} + t_{об} + 2t_{ст}, \quad (4.17)$$

где $L_{уч}$ - длина участка, км;

$t_{об}$ - время нахождения локомотива на станции оборота (из составленного графика движения поездов);

$t_{ст}$ - время нахождения локомотива на станционных путях на станции основного депо, ст. *N* (принять 20 минут).

При расчете $\Theta_л$ на участке *N-C* вместо $t_{об}$ учитывается $2t_{тр}$, где $t_{тр}$ - средняя стоянка транзитного поезда на ст. *C*.

В заключение определяются:

участковая скорость грузовых поездов в целом на полигоне (учитываются поездо-км и поездо-часы на всех трех участках);

среднесуточный пробег и производительность локомотива для всего полигона.

Среднесуточный пробег локомотива:

$$S_л = \frac{2\left(L_{AN}n_{AN} + L_{NC}n_{NC} + L_{ND}n_{ND}\right)}{M_л}, \quad (4.18)$$

где L_{AN}, L_{NC}, L_{ND} - длины участков *A-N*, *N-C*, *N-Д*, км;

n_{AN}, n_{NC}, n_{ND} - расчетное число пар грузовых поездов, обращающихся на участках *А-N*, *N-С*, *N-Д* (с учетом сборных);

$M_л$ - рассчитанный потребный парк локомотивов.

Производительность локомотива:

$W_л = Q_{бр} S_л \Psi$, (4.19)

где $Q_{бр}$ - масса состава (брутто), принимаемая в соответствии с исходными данными (масса поезда за вычетом веса поездного локомотива), т;

Ψ - коэффициент производительности локомотива (можно принимать для электрической тяги - 0,857, для тепловозной – 0,913).

Рекомендуемая литература

1. Боровиков М.С. (под ред.) Управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте : учебник — Москва: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2021. — 552 с. — ISBN 978-5-907206-71-7. — Текст : электронный // УМЦ ЖДТ : электронная библиотека. — URL: http://umczdt.ru/books/1196/251714/.

2. Ермакова Т.А. Технология перевозочного процесса: учеб. пособие. — М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. — 334 с. - Режим доступа: http://umczdt.ru/books/1196/230310/

Дополнительная учебная литература

1. Без автора, Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. — 4-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 519 с. : ил. - ISBN 978-5-16-017988-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1901566 (дата обращения: 26.11.2022).

2. Правила по охране труда в хозяйстве перевозок ОАО "РЖД": ПОТ РЖД-4100612-ЦД-039-2013: утв. Распоряжением ОАО "РЖД" от 04.02.2013 №276р в редакции Распоряжения ОАО "РЖД" от 22.05.2013 № 1167р.- Екатеринбург : УралЮрИздат, 2015