

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

**Кафедра управления эксплуатационной работой  
и охраны труда**

**В. Г. КУЗНЕЦОВ, А. А. ЕРОФЕЕВ, Е. А. ФЁДОРОВ**

# **ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ**

**Пособие  
по курсовому проектированию**

**Гомель 2022**

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

Кафедра управления эксплуатационной работой  
и охраны труда

В. Г. КУЗНЕЦОВ, А. А. ЕРОФЕЕВ, Е. А. ФЁДОРОВ

# ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области транспорта и транспортной деятельности для обучающихся  
по специальности 1-44 01 03 «Организация перевозок и управление  
на железнодорожном транспорте»  
в качестве пособия по курсовому проектированию*

Гомель 2022

УДК 656.212.5(075.8)

ББК 39.28

К89

Рецензенты: начальник станции Гомель Транспортного РУП «Гомельское отделение Белорусской железной дороги» *А. Б. Ложков*;  
кафедра управления автомобильными перевозками и дорожным движением Белорусского государственного университета транспорта (зав. кафедрой – канд. техн. наук, доцент *С. А. Аземша*)

### **Кузнецов, В. Г.**

К89 Технология работы сортировочной станции : пособие по курсовому проектированию / В. Г. Кузнецов, А. А. Ерофеев, Е. А. Фёдоров ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 126 с.

ISBN 978-985-891-044-0

Излагается методика и порядок разработки курсового проекта и технологии работы сортировочной станции. Даются методические рекомендации по расчету объемов эксплуатационной работы с вагонами различных категорий, норм времени на выполнение технологических операций, оптимизации технологии и технического оснащения подсистем станции, графическому моделированию работы и оценки работы станции по выбранному варианту технологии.

Предназначено для студентов специальности «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» для выполнения курсового проекта по учебной дисциплине «Технология работы железнодорожных станций».

**УДК 656.212.5(075.8)**

**ББК 39.28**

**ISBN 978-985-891-044-0**

© В. Г. Кузнецов, А. А. Ерофеев,  
Е. А. Фёдоров, 2022

© Оформление. БелГУТ, 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	5
<b>1 Техничко-эксплуатационная характеристика станции</b> .....	7
1.1 Общая характеристика технического оснащения и путевого развития станции.....	7
1.2 Технологические схемы пропуска различных категорий вагонопотока на станции, их характеристика.....	8
1.3 Анализ эксплуатационной нагрузки.....	8
<b>2 Нормирование технологических операций расформирования и формирования составов</b> .....	18
2.1 Технологические схемы и нормирование продолжительности операций по окончанию формирования составов поездов.....	18
2.2 Расчет продолжительности цикла работы маневровых локомотивов по окончанию формирования составов поездов на вытяжных путях.....	26
2.3 Разработка вариантов распределения маневровой работы по окончанию формирования составов поездов .....	33
2.4 Расчет продолжительности выполнения операций на горке.....	36
2.5 Разработка вариантов горочной технологии .....	41
2.6 Определение технологических интервалов работы вытяжных путей.....	50
<b>3 Выбор оптимального варианта взаимодействия горки и вытяжного пути</b>	52
3.1 Варианты технологии и технического обеспечения процесса переработки вагонов.....	52
3.2 Варианты развития инфраструктуры горки и определение укрупненных затрат на переустройство .....	54
3.3 Техничко-экономическое сравнение вариантов и выбор оптимального.....	55
3.4 Расчет числа бригад ПТО, ПКО и СТЦ по выбранному варианту технологии.....	62
<b>4 Организация взаимодействия с местами общего и необщего пользования на станции</b> .....	66
4.1 Расчет оптимального числа подач-уборок вагонов на места общего и необщего пользования.....	66
4.2 Нормирование времени на подачу и уборку вагонов.....	67
4.3 Расчет потребного числа маневровых локомотивов для обслуживания мест общего и необщего пользования.....	72
<b>5 Разработка графической модели работы станции и расчет эксплуатационных показателей</b> .....	75

5.1	Разработка немасштабной схемы станции и организационно-технологической структуры управления.....	75
5.2	Нормирование времени подачи и уборки поездных локомотивов.....	79
5.3	Графическая модель работы станции на сутки по оптимальному варианту технологии.....	82
5.4	Расчет показателей эксплуатационной работы станции.....	95
5.4.1	Расчет количественных показателей эксплуатационной работы станции.....	95
5.4.2	Расчет качественных показателей эксплуатационной работы станции.....	96
5.4.3	Расчет показателей использования технических средств и подвижного состава на станции.....	108
<b>6</b>	<b>Пояснительная записка и чертежи.....</b>	<b>112</b>
	<b>Список литературы.....</b>	<b>114</b>
	<b>Приложение А.</b> Пример разложения составов транзитных грузовых поездов, прибывших в расформирование, по назначениям ПФ и на пункты выполнения грузовых операций .....	115
	<b>Приложение Б.</b> Расчетные значения параметров $T_k$ и $\sigma_k$ .....	117
	<b>Приложение В.</b> Порядок ввода данных для расчета значений целевой функции по вариантам технологии с помощью прикладной программы «ОРТИМА»..	121
	<b>Приложение Г.</b> Графические символы операций для построения суточной модели работы сортировочной станции.....	125

## ВВЕДЕНИЕ

Сортировочные станции являются сложными и важными объектами инфраструктуры железнодорожного транспорта, их надежная и ритмичная работа позволяет организовать устойчивый пропуск вагонопотока и повышать эффективность перевозочного процесса на железных дорогах. Выбор оптимальной технологии сортировочной станции на основе использования инновационных технологий, эффективных методов управления и способов организации эксплуатационной работы имеет большое значение для повышения качества организации вагонопотоков.

В курсовом проекте перед студентами стоит цель – разработать основные элементы управления и технологии работы сортировочной станции на основе системного подхода, использования современных инженерных методик, технологических решений, а также требований, установленных в технических нормативно-правовых актах (ТНПА). В проекте должны быть решены следующие основные задачи:

- разработаны маршрутные схемы пропуска вагонопотоков различных категорий по основным объектам железнодорожной станции;
- определены расчетные объемы эксплуатационной работы;
- нормирована продолжительность основных операций технологического процесса;
- выполнена оптимизация технологии и технической оснащенности заданной сортировочной станции;
- разработана технология оптимального взаимодействия станции с пунктами выполнения грузовых операций;
- нормированы основные показатели эксплуатационной работы станции.

Особое внимание следует обратить на разработку предложений по интенсификации технологических процессов, сокращению простоев

вагонов, обеспечению беспрепятственного приема поездов на станцию, лучшему использованию технических средств и путевого развития станции, увеличению их пропускной и перерабатывающей способности. Принимаемые в проекте технологические и технические решения должны основываться на прогрессивных технологиях работы таких железнодорожных станций, как Минск-Сортировочный (Беларусь), Бекасово, Лужская-Сортировочная (Россия), Машен (Германия) и др.

Настоящее пособие составлено на базе предыдущих изданий под редакцией заслуженного деятеля науки и техники БССР, доктора технических наук, профессора И. Г. Тихомирова и заслуженного деятеля науки и техники БССР, доктора технических наук, профессора П. С. Грунтова.

# 1 ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦИИ

## 1.1 Общая характеристика технического оснащения и путевого развития станции

В проекте представляется технико-эксплуатационная характеристика заданной сортировочной станции, а также примыкающих к ней участков и всего расчетного железнодорожного полигона. Характеристика производится на основании данных, представленных в приложениях к заданию.

В характеристике следует привести сведения о протяженности однопутных и двухпутного участков, примыкающих к станции А, количестве и расположении сортировочных и участковых станций на расчетном железнодорожном полигоне, охарактеризовать средства связи при движении поездов на прилегающих участках, перегонные времена хода и межпоездные интервалы, привести нормы массы и числа вагонов в составах грузовых поездов, указать серию и тип локомотивов, обслуживающих грузовые поезда, а также число промежуточных станций на примыкающих к станции А участках, для обслуживания которых формируются сборные поезда.

Характеристику сортировочной станции А следует начать с анализа схемы и путевого развития станции, установив назначение и специализацию парков, групп путей, сортировочных устройств, мест общего и необщего пользования и других обустройств, их взаимное расположение.

Необходимо рассчитать полезную длину приемо-отправочных путей в парках станции по формуле

$$L_{\text{поп}} = l_{\text{в}}m + (l_{\text{л}} + 10), \quad (1.1)$$

где  $l_{\text{в}}$  – длина условного вагона, м (принимается  $l_{\text{в}} = 14$  м);  $m$  – число вагонов в составе грузового поезда (по заданию);  $l_{\text{л}}$  – длина поездного локомотива, м; в проекте можно принять  $(l_{\text{л}} + 10) = 50$  м.

По результатам расчета принимается ближайшее большее стандартное значение полезной длины путей (850, 1050, 1250, 1500 м).



Длина путей в сортировочном парке станции устанавливается на основе принятой длины приемо-отправочных путей:

$$L_{\text{соп}} = L_{\text{поп}} \alpha_{\text{соп}}, \quad (1.2)$$

где  $\alpha_{\text{соп}}$  – коэффициент увеличения длины путей сортировочного парка (с учётом формирования длинносоставных поездов, поездов повышенной длины, наличия тормозной позиции, установления на путях тормозных башмаков для исключения несанкционированного выхода вагонов с путей, образования межвагонного пространства, выполнения маневровой работы и т. п.), принимается  $\alpha_{\text{соп}} = 1, 1, \dots, 1, 3$ .

В пункте представляется характеристика сортировочных устройств, горловин парков, мест общего и необщего пользования, устанавливаются взаимодействующие элементы, производится их объединение в подсистемы. Характеристика завершается изложением достоинств и недостатков путевой схемы и технического оснащения заданной сортировочной станции.

## **1.2 Технологические схемы пропуска различных категорий вагонопотока на станции, их характеристика**

Для основных технологических линий пропуска вагонопотока на станции устанавливаются маршрутные схемы пропуска по трем категориям: транзитных вагонопотоков без переработки и с переработкой, а также местных (рисунки 1.1–1.4). Схемы сопровождаются пояснительным текстом, в котором излагаются основные операции, которые выполняются с поездами, составами и вагонами, приводятся элементы простоя вагонов по всем категориям (подразд. 5.4) и дается предварительная оценка продолжительности этих операций на основе типовых норм времени [7].

## **1.3 Анализ эксплуатационной нагрузки**

На основании данных приложения Е задания на КП рассчитывается объем эксплуатационной работы сортировочной станции в вагонах.

В таблице 1.1 приведены размеры транзитного вагонопотока без переработки, поступающего на станцию с трех примыкающих направлений (Б, Л, М) и следующего далее по установленным планом формирования (ПФ) назначениям (таблица Е.1 задания на КП).

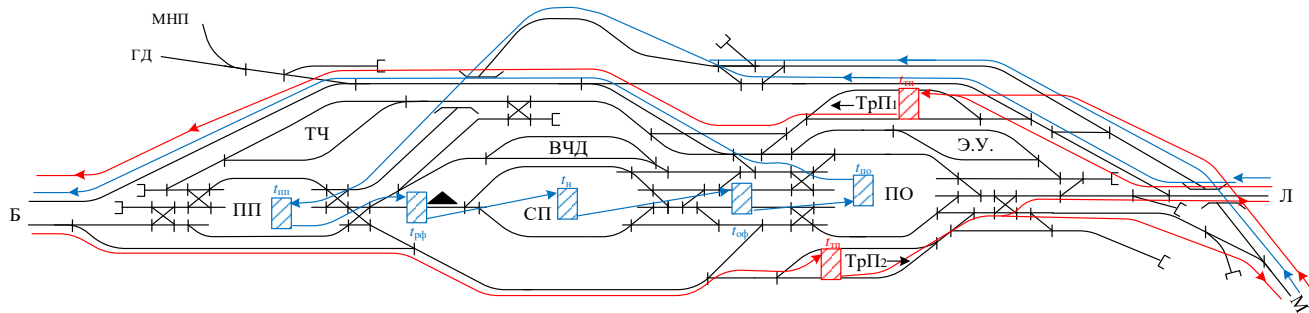


Рисунок 1.1 – Технологическая схема пропуска транзитного вагонопотока без переработки и с переработкой на сортировочной станции А с последовательным расположением парков

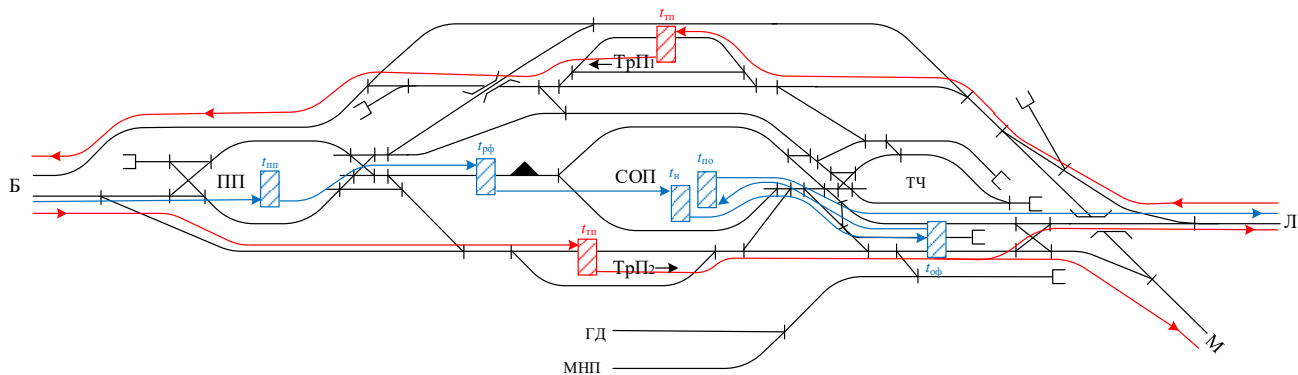


Рисунок 1.2 – Технологическая схема пропуска транзитного вагонопотока без переработки и с переработкой на сортировочной станции А с комбинированным расположением парков и совмещенном сортировочно-отправочным парком

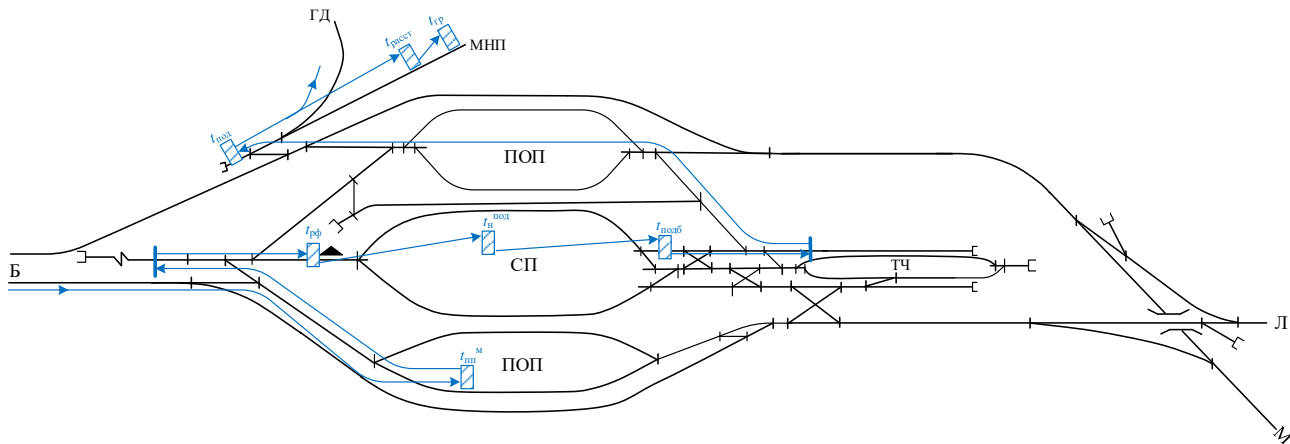


Рисунок 1.3 – Технологическая схема пропуска местного вагонопотока на сортировочной станции А с параллельным расположением специализированных по направлениям приемо-отправочных и сортировочным парками (при прибытии местных вагонов на грузовые пункты)

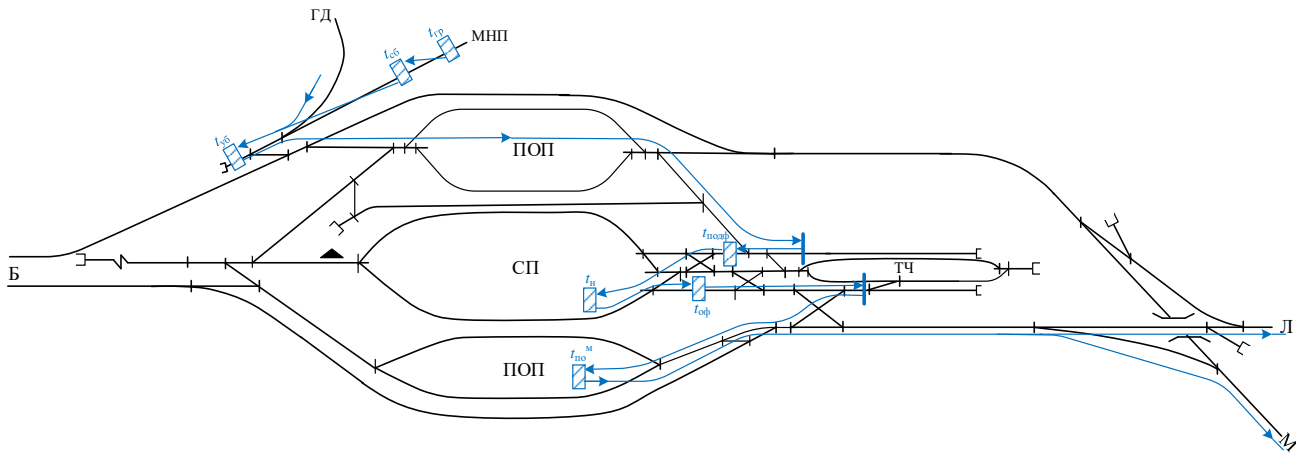


Рисунок 1.4 – Технологическая схема пропуска местного вагонопотока на сортировочной станции А с параллельным расположением специализированных по направлениям приемо-отправочных и сортировочных парков (при отправлении местных вагонов с грузовых пунктов)

В таблице 1.1 приведены размеры транзитного вагонопотока без переработки, поступающего на станцию с трех примыкающих направлений (Б, Л, М) и следующего далее по установленным планом формирования (ПФ) назначениям (таблица Е.1 задания на КП).

Таблица 1.1 – Размеры транзитного без переработки вагонопотока

С направления	Назначение ПФ	Число поездов	Число вагонов
Б	З	3	180
	И	1	60
	О	2	120
	П	2	120
<i>Итого</i>		<b>8</b>	<b>480</b>
Л	Е	1	60
	Г	1	60
	Д	1	60
	Т	2	120
<i>Итого</i>		<b>5</b>	<b>300</b>
М	Д	1	60
	Е	1	60
	Т	3	180
<i>Итого</i>		<b>5</b>	<b>300</b>
<b>Всего</b>		<b>18</b>	<b>1080</b>

В таблице 1.2 приведены размеры перерабатываемого вагонопотока по станции А. Для расчета вагонопотока необходимо на основании величины состава грузового поезда (приложение В задания на КП) перевести в вагоны заданное в процентах разложение составов поездов, прибывающих с каждого направления (таблицы Е.2–Е.4 задания на КП). По каждому направлению устанавливается суммарный вагонопоток (приложение А), прибывающий на станцию в переработку, и их распределение по назначениям плана формирования и на грузовые пункты станции: МОП – места общего пользования (в проекте грузовой двор) и МНО – места необщего пользования (в проекте подъездной путь предприятия). Полученные данные сводятся в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Размеры перерабатываемого вагонопотока на станции А

Из	На направление Б								На направление Л						На направление М						Всего	На грузовые пункты		Итого	Всего
	А-Б	Б	В	Г	Д	Е	Т	Итого	А-Л	Л	К	И	З	Итого	А-М	М	Н	О	П	Итого		МОП	МНО		
Б	–	–	–	–	–	–	–	0	66	195	171	261	261	954	99	162	207	261	246	975	1929	57	54	111	2040
Л	39	42	111	90	189	138	165	774	–	–	–	–	–	0	3	18	21	18	6	66	840	27	33	60	900
М	69	93	63	156	168	126	168	843	6	18	15	15	6	60	–	–	–	–	–	0	903	18	39	57	960
<i>Итого</i>	108	135	174	246	357	264	333	1617	72	213	186	276	267	1014	102	180	228	279	252	1041	3672	102	126	228	3900
МОП	–	–	10	16	10	15	–	51	–	–	10	16	–	26	–	–	16	16	–	32	109				
МНО	–	–	5	15	10	15	–	45	–	–	10	10	–	20	–	–	5	10	–	15	80				
<i>Итого</i>	–	–	15	31	20	30	–	96	–	–	20	26	–	46	–	–	21	26	–	47	189				
<b>Всего</b>	108	135	189	277	377	294	333	1713	72	213	206	302	267	1060	102	180	249	305	252	1088	3861				

Таблица 1.3 – Плановая погрузка вагонов на станции

Наименование грузового пункта	Общий фронт погрузки, м	Назначение погруженных вагонов								Итого
		В	Г	Д	Е	К	И	Н	О	
МОП (грузовой двор)	350	10	16	10	15	10	16	16	16	109
МНО (предприятие)	250	5	15	10	15	10	10	5	10	80
<i>Итого</i>		15	31	20	30	20	26	21	26	189

По данным таблицы 1.2 определяется суточная мощность каждого назначения ПФ, объемы выгрузки и погрузки по каждому грузовому пункту и в целом по станции и размеры переработки вагонов на станции. Плановая погрузка вагонов на грузовых пунктах станции по назначениям ПФ представлена в приложении И задания на КП (в примере таблица 1.3).

На основе сравнения объемов погрузки и выгрузки (см. таблицу 1.2) по каждому грузовому пункту устанавливается потребность в регулировке порожних вагонов, которую рекомендуется определять с помощью таблицы 1.4.

Таблица 1.4 – Регулировка порожних вагонов

Наименование грузового пункта	Погрузка	Выгрузка	Избыток (+), недостаток (-)
МОП (грузовой двор)	109	102	-7
МНО (предприятие)	80	126	+46
<i>Итого</i>	189	228	+39

Избыток (недостаток) вагонов на грузовом пункте определяется по формуле

$$\Delta U = U_{\text{в}} - U_{\text{п}}, \quad (1.3)$$

где  $U_{\text{в}}$ ,  $U_{\text{п}}$  – соответственно выгрузка и погрузка вагонов на грузовом пункте (см. таблицу 1.2).

Избыток порожних вагонов в соответствии с заданием направляется по регулировочному заданию на станцию Г. В этом случае фактический вагонопоток этого назначения возрастет на число избыточных порожних вагонов. Если же по станции А возникает недостаток порожних вагонов для обеспечения погрузки, то потребные вагоны изымаются с вагонопотока, отправляемого на назначение Г. В этом случае фактическая мощность вагонопотока назначения Г уменьшится на соответствующую величину. При возникновении на одном из грузовых пунктов избытка порожних вагонов, а на другом недостатка осуществляется внутростанционная регулировка порожних вагонов с одного пункта на другой. Например, по данным, представленным в таблице 1.4, с МНО (подъездного пути предприятия) 7 вагонов направляются на МОП (грузовой двор), а оставшиеся в избытке 39 вагонов направляются на станцию Г (таблица 1.5).



На основе установленной в вагонах мощности назначений плана формирования (см. таблицу 1.2) определяется число формируемых станцией А поездов (см. таблицу 1.5). При этом следует иметь в виду, что количество сборных поездов установлено графиком движения (приложение Ж задания на КП) и их средний состав, как правило, меньше, чем у сквозных грузовых поездов.

Таблица 1.5 – Расчет числа грузовых поездов, формируемых станцией А

Назначение ПФ	Мощность назначения в вагонах	Средний состав поезда	Число формируемых поездов
А-Б	108	54	2,0
Б	135	60	2,2
В	189	60	3,1
Г	277+39=316	60	5,3
Д+Е	377+294=671	60	11,2
Т	333	60	5,6
<i>Итого</i>	<b>1752</b>	<b>59,6</b>	<b>29,4</b>
А-Л	72	36	2,0
Л+К	213+206=419	60	7,0
И	302	60	5,0
З	267	60	4,5
<i>Итого</i>	<b>1060</b>	<b>57,3</b>	<b>18,5</b>
А-М	102	51	2,0
М	180	60	3,0
Н	249	60	4,2
О+П	305+252=557	60	9,3
<i>Итого</i>	<b>1088</b>	<b>58,8</b>	<b>18,5</b>
<b>Всего</b>	<b>3900</b>	<b>58,7</b>	<b>66,4</b>
В том числе:			
одногруппных	1971	60	32,9
двухгруппных	1647	60	27,5
сборных	282	47	6,0

Для остальных назначений число формируемых поездов определяется делением числа суточного числа отправляемых вагонов ( $n_{oj}$ ) на средний состав поезда в вагонах ( $m$ ) в соответствии с установленной в задании величиной:

$$N_{\phi j} = \frac{n_{oj}}{m}. \quad (1.4)$$

По данным, представленным в таблицах 1.2, 1.5, устанавливается общий объем работы станции в вагонах и поездах и распределение по категориям вагонопотока, по направлениям и назначениям следования.

- Пример 1.1.** Станция А пропускает 4980 вагонов в сутки, из них:
- транзитных без переработки – 1080 вагонов, что составляет 22 %;
  - транзитных с переработкой – 3672 вагона, что составляет 74 %;
  - местных – 228 вагонов, что составляет 4 %.

Наибольший объем работы станции приходится на технологическую линию по переработке вагонопотока. Максимальное число поездов своего формирования отправляется на направление Б – 29,4 поезда. Наиболее мощным одnogруппным является назначение на станцию Г – 316 вагонов; 5,3 поезда в сутки и двухгруппное – назначением на станции Д+Е – 671 вагон; 11,2 поезда в сутки.

## 2 НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ РАСФОРМИРОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВОВ

### 2.1 Технологические схемы и нормирование продолжительности операций по окончанию формирования составов поездов

Установление обоснованных норм времени на выполнение технологических операций является одним из важнейших условий выбора оптимальной технологии работы железнодорожной станции.

В курсовом проекте проводится нормирование по основным технологическим операциям, связанных с расформированием, формированием, перестановкой составов на пути отправления, передвижением маневровых локомотивов. Нормирование операций необходимо иллюстрировать схемами выполнения маневров, указывая длины выполняемых полурейсов.

Нормирование продолжительности окончания формирования составов грузовых поездов начинается с выбора возможных рациональных вариантов (схем) окончания формирования одногруппных, двухгруппных и сборных (многогруппных) поездов. При этом следует исходить из того, чтобы принятые схемы обеспечивали как минимальный, так и максимальный уровни загрузки сортировочной горки работой по окончанию формирования составов поездов.

На рисунке 2.1 представлены возможные технологические схемы окончания формирования составов поездов для станции А. Так, **одногоруппные** поезда предусмотрено формировать по двум схемам:

*в схеме № 1* вся работа по окончанию формирования состава выполняется на вытяжном пути;

*в схеме № 2* для окончания формирования составов поездов используется сортировочная горка, причем устанавливается доля состава  $\alpha$ , в котором все перестановки при формировании этой части состава выполняются со стороны горки.

Для **двухгруппных** поездов используются три схемы:

*схема № 3* предусматривает окончание формирования состава поезда только со стороны вытяжного пути;

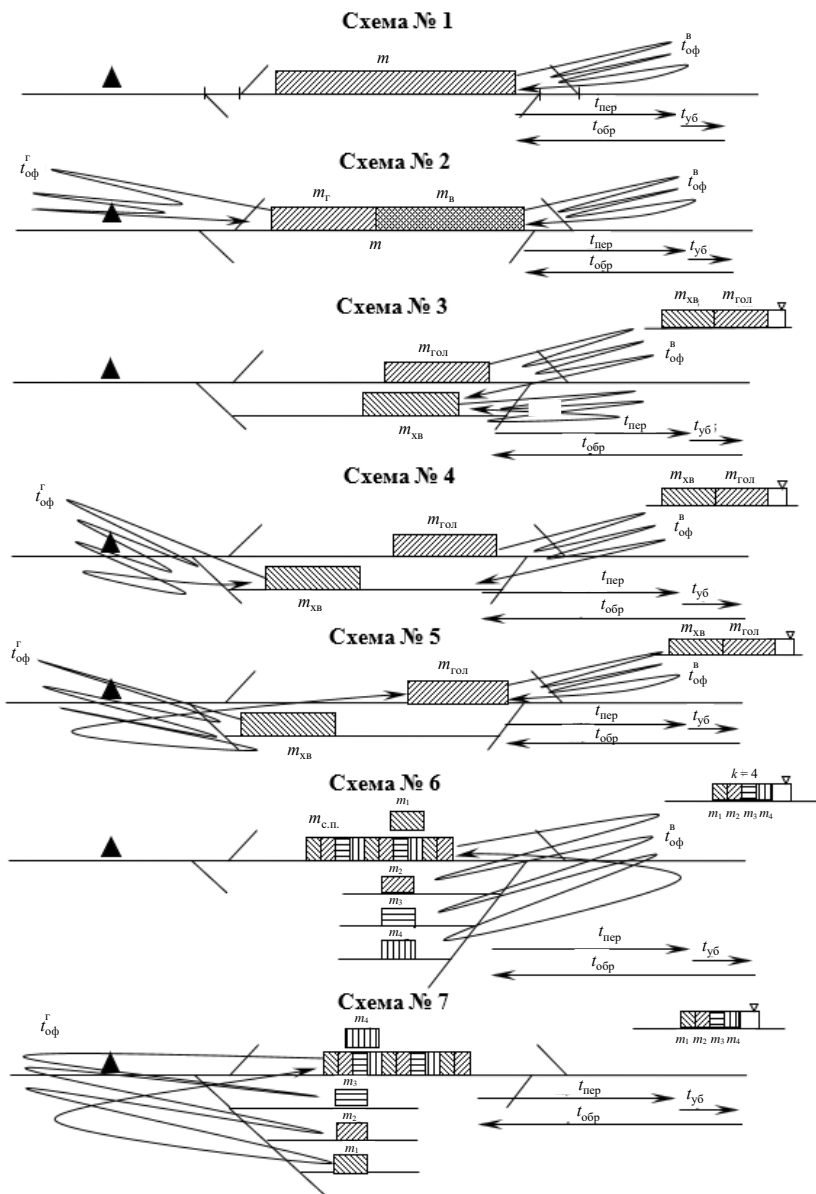


Рисунок 2.1 – Технологические схемы окончания формирования составов поездов для станции А

схема № 4 – двустороннее формирование состава: одна часть состава формируется со стороны сортировочной горки, вторая часть – со стороны вытяжного пути, а соединение групп выполняется со стороны вытяжного пути;

схема № 5 – двустороннее формирование состава и соединение групп со стороны сортировочной горки.

Для **сборных** (многогруппных) поездов используются две схемы:

схема № 6 – вся работа по сортировке и сборке вагонов состава выполняется только на вытяжном пути;

схема № 7 – вся работа по сортировке и сборке вагонов состава выполняется только на сортировочной горке.

В курсовом проекте, по указанию преподавателя, набор возможных схем формирования составов может быть иным.

На всех схемах надписываются затраты времени на окончание формирования на горке  $t_{\text{оф}}^r$  и вытяжке  $t_{\text{оф}}^b$ , а также затраты времени на весь цикл операций на вытяжках  $T_{\text{оф}}$ .

Нормирование продолжительности операций производится в соответствии с методическими рекомендациями. Основные расчетные формулы представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные формулы для нормирования продолжительности окончания формирования составов поездов

Номер схемы	На горке	Номер формулы	На вытяжке	Номер формулы	Примечание
1	Не проводится	–	$t_{\text{оф}}^b = t_{\text{ПТЭ}} + t_{\text{подт}}$	(2.1)	Параметры В и Е устанавливаются по [6, таблица 2.5]; $m_{\text{ф}}^b = m$
			$t_{\text{ПТЭ}} = В + Em_{\text{ф}}^b$	(2.2)	
			$t_{\text{подт}} = 0,08m$	(2.3)	
2	$t_{\text{оф}}^r = 1,73 + 0,18m_c$	(2.4)	Расчеты по формулам (2.1), (2.2), (2.3)		Параметры В и Е устанавливаются по [6, таблица 2.5] в зависимости от $\rho_o^b = \rho_o(1 - \alpha)$
	$m_c = \frac{m\rho_o\alpha^2}{2}$	(2.5)	$m_{\text{ф}}^b = m(1 - \alpha)$	(2.6)	

Продолжение таблицы 2.1

Номер схемы	На горке	Номер формулы	На вытяжке	Номер формулы	Примечание
3	Не проводится	–	Расчеты по формулам (2.1), (2.3)		Параметры В и Е устанавливаются по [6, таблица 2.5] в зависимости от $\rho_0^{XB} = \rho_0 \alpha_1$ ; параметры Ж и И – в зависимости от $\rho_0^{ГОЛ} = \rho_0 (1 - \alpha_1)$ ; $m_{ГОЛ} = m (1 - \alpha_1)$ ; $m_{XB} = m \alpha_1$
			$t_{ПТЭ} = t_{ПТЭ}^{ГОЛ} + t_{ПТЭ}^{XB}$ (2.7)		
			$t_{ПТЭ}^{XB} = B + E m_{XB}$ (2.8)		
			$t_{ПТЭ}^{ГОЛ} = Ж + И m_{ГОЛ}$ (2.9)		
			$\alpha_1 = \frac{n_{ДВ}^{XB}}{n_{ДВ}}$ (2.10)		
4	Расчеты по формулам (2.4) и (2.5) с заменой в формуле (2.5) $\alpha$ на $\alpha_1$		Расчет $t_{оф}^B$ по формуле (2.1)		–
			Расчет $t_{ПТЭ} = t_{ПТЭ}^{ГОЛ}$ по формуле (2.9)		
			Расчет $t_{подг}$ по формуле (2.3)		
5	Расчеты по формуле (2.4), в которой $m_c = m_{XB}$		Расчет $t_{оф}^B$ по формуле (2.1)		Параметры В и Е – в зависимости от $\rho_0^{ГОЛ} = \rho_0 (1 - \alpha_1)$
			Расчет $t_{ПТЭ} = t_{ПТЭ}^{ГОЛ}$ по формуле (2.2); $m_{ф}^B = m_{ГОЛ}$		
			Расчет $t_{подг}$ по формуле (2.3)		
6	Не проводится	–	$t_{оф}^B = t_c + t_{сб}$ (2.11)		Параметры А и Б устанавливаются по [6, таблица 2.5]; условия выполнения маневровой работы студент принимает самостоятельно; $m = m_{СП}$ ; $m_{СП}$ принимается по данным таблицы 1.5; $g_o^{СП} = g_o \frac{m_{СП}}{m}$
			$t_c = A g_o^{СП} + B m_{СП}$ (2.12)		
			$t_{сб} = 1,8p + 0,3m_{сб}$ (2.13)		
			$m_{сб} = \frac{m_{СП}(k-1)}{k}$ (2.14)		
			$p = k - 1$ (2.15)		
			$k = \frac{k_B + k_L + k_M}{3}$ (2.16)		

Окончание таблицы 2.1

Номер схемы	На горке	Номер формулы	На вытяжке	Номер формулы	Примечание
7	Расчеты по формулам (2.11) и (2.13)		Не проводится	–	Время $t_{хз}$ рассчитывается по [6, формула (1.2)]; время $t_{гв}$ рассчитывается по [6, формула (1.1)]; время $t_{кн}$ рассчитывается по [6, формула (2.4)].
	$t_c = t_{хз} + t_{гв} + t_{кн} + t_p$	(2.17)			
	$t_p = \frac{0,06l_B m_{сп}}{v_p} \times \left(1 - \frac{1}{2g_o^{сп}}\right)$	(2.18)			

В таблице 2.1 использованы следующие условные обозначения:

$t_{оф}^Г, t_{оф}^В$  – продолжительность маневровых операций по окончанию формирования состава соответственно на горке и вытяжке, мин;

$t_{птэ}, t_{птэ}^{гол}, t_{птэ}^{хв}$  – затраты времени на расстановку вагонов соответственно в составе в целом, в головной и хвостовой частях состава поезда в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь (ПТЭ) и иных технических нормативно-правовых актов (ТНПА), мин;

$t_{подт}$  – затраты времени на подтягивание вагонов на пути сортировочного парка со стороны вытяжных путей, мин;

$m_{ф}$  – число вагонов в формируемой части состава грузового поезда;

$m_{ф}^В$  – число вагонов в формируемой части состава со стороны вытяжного пути;

$m_c$  – число сортируемых с горки вагонов в расчете на один отправленный поезд своего формирования;

$\rho_o^В$  – среднее число расценок в части состава, формируемого со стороны вытяжного пути;

$m_{гол}, m_{хв}$  – число вагонов соответственно в головной и хвостовой частях формируемого двухгруппного поезда;

$\rho_o^{гол}, \rho_o^{хв}$  – среднее число расценок соответственно в головной и хвостовой частях состава двухгруппного поезда;

$n_{дв}^{хв}$  – число вагонов хвостовой части составов двухгруппных поездов, отправляемых со станции А по установленным назначениям ПФ;

$n_{\text{дв}}$  – число вагонов, отправляемое в составах двухгруппных поездов со станции А по установленным назначениям плана формирования;

$m_{\text{СП}}$  – число вагонов в составе сборного поезда;

$g_{\text{о}}^{\text{СП}}$  – число отцепов в составе сборного поезда;

$g_{\text{о}}$  – число отцепов в составе одногруппного (двухгруппного) поезда;

$t_{\text{с}}, t_{\text{сб}}$  – продолжительность сортировки и сборки вагонов состава сборного поезда, мин;

$m_{\text{сб}}$  – количество вагонов, переставляемых на путь сборки формируемого состава сборного поезда;

$p$  – число путей, с которых производится сборка вагонов состава при формировании сборного поезда;

$k$  – число поездных групп (число станций, на которые следуют вагоны в сборном поезде); расчетное значение округляется до целого числа;

$k_{\text{Б}}, k_{\text{Л}}, k_{\text{М}}$  – число поездных групп в сборных поездах, следующих назначением соответственно на станции Б, Л, М (указывается в задании);

$t_{\text{хз}}, t_{\text{ГВ}}, t_{\text{КН}}, t_{\text{р}}$  – продолжительность соответственно холостого заезда маневрового локомотива с горки в СП за составом сборного поезда, груженого выезда маневрового состава на горку, короткого надвига состава на горку и роспуска вагонов состава сборного поезда, мин [6];

$v_{\text{р}}$  – скорость роспуска вагонов состава с горки, определяемая в зависимости от среднего числа вагонов в отцепе, км/ч [6].

При нормировании времени окончания формирования следует иметь в виду, что:

1) число расценок  $\rho_{\text{о}}$  принимается равномерно распределенным по составу, поэтому в каждой части состава количество расценок пропорционально числу вагонов в этой части состава;

2) количество вагонов в сборном поезде отличается от составов других категорий грузовых поездов (одногоруппных и двухгруппных).

Пример расчета норм времени на выполнение операций окончания формирования составов поездов по принятым схемам приведен в таблице 2.2.



Таблица 2.2 – Пример расчета норм времени на выполнение операций окончания

Номер схемы	На горке	
	Исходные параметры	Расчетные параметры
1	Не проводится	
2	$m_c = \frac{60 \cdot 0,3 \cdot 0,5^2}{2} = 2,3 \text{ ваг.}$	$t_{\text{оф}}^Г = 1,73 + 0,18 \cdot 2,3 = 2,1 \text{ мин}$
3	Не проводится	
4	$m_c = \frac{60 \cdot 0,3 \cdot 0,49^2}{2} = 2,3 \text{ ваг.}$	$t_{\text{оф}}^Г = 1,73 + 0,18 \cdot 2,3 = 2,1 \text{ мин}$
5	$m_c = m_{\text{хв}} = 29,4 \text{ ваг.}$	$t_{\text{оф}}^Г = 1,73 + 0,18 \cdot 29,4 = 7,1 \text{ мин}$
6	Не проводится	
7	$l_B = 14 \text{ м}; l_{\text{хз}} = 300 \text{ м}; l_{\text{кн}} = 50 \text{ м}$	$t_{\text{хз}} = 0,0407 \frac{15}{2} + 0,06 \frac{300}{15} = 1,5 \text{ мин}$
	$l_{\text{гв}} = 50 + 300 + 40,5 \cdot 14 = 917 \text{ м}$	$t_{\text{гв}} = (0,0407 + 0,0017 \cdot 40,5) \cdot \frac{10}{2} + 0,06 \cdot \frac{917}{15} = 6,5 \text{ мин}$
	$v_P = 4 \text{ км/ч}; v_{\text{хз}} = 15 \text{ км/ч};$ $v_{\text{кн}} = 5 \text{ км/ч}; v_{\text{гв}} = 10 \text{ км/ч}$	$t_{\text{кн}} = 0,06 \cdot \frac{50}{5} = 0,6 \text{ мин}$
	$g_o^{\text{сп}} = 13,5 \text{ отцепов}$	$t_P = \frac{0,06 \cdot 14 \cdot 40,5}{4} \left(1 - \frac{1}{2 \cdot 13,5}\right) = 8,2 \text{ мин}$
		$t_c = 1,5 + 6,5 + 0,6 + 8,2 = 16,8 \text{ мин}$
	$t_{\text{оф}}^B = 16,8 + 16,9 = 33,7 \text{ мин}$	

### Формирования составов поездов на станции А

На вытяжке	
Исходные параметры	Расчетные параметры
$\rho_o = 0,3; \alpha = 0,5$	$t_{\text{полт}} = 0,08 \cdot 60 = 4,8$ мин
$B = 0,96; E = 0,06$	$t_{\text{ПТЭ}} = 0,96 + 0,06 \cdot 60 = 4,6$ мин
$m_{\text{ф}}^{\text{в}} = m = 60$ ваг.	$t_{\text{оф}}^{\text{в}} = 4,6 + 4,8 = 9,4$ мин
$m_{\text{ф}}^{\text{в}} = 60(1 - 0,5) = 30$ ваг.	$t_{\text{полт}} = 0,08 \cdot 60 = 4,8$ мин
$\rho_o^{\text{в}} = 0,3(1 - 0,5) = 0,15$	$t_{\text{ПТЭ}} = 0,48 + 0,03 \cdot 30 = 1,4$ мин
$B = 0,48; E = 0,03$	$t_{\text{оф}}^{\text{в}} = 1,4 + 4,8 = 6,2$ мин
$\alpha_1 = \frac{377+206+252}{294+377+213+206+305+252} = 0,49$	$t_{\text{полт}} = 0,08 \cdot 60 = 4,8$ мин
$\rho_o^{\text{хв}} = 0,3 \cdot 0,49 = 0,147$	$t_{\text{ПТЭ}}^{\text{хв}} = 0,47 + 0,03 \cdot 29,4 = 1,4$ мин
$B = 0,47; E = 0,03$	$t_{\text{ПТЭ}}^{\text{гол}} = 2,12 + 0,340 \cdot 30,6 = 12,5$ мин
$\rho_o^{\text{гол}} = 0,3(1 - 0,49) = 0,153$	$t_{\text{ПТЭ}} = 1,4 + 12,5 = 13,9$ мин
$\mathcal{Ж} = 2,12; \text{И} = 0,340$	$t_{\text{оф}}^{\text{в}} = 13,9 + 4,8 = 18,7$ мин
$m_{\text{хв}} = 60 \cdot 0,49 = 29,4$ ваг.	
$m_{\text{гол}} = 60(1 - 0,49) = 30,6$ ваг.	
$\rho_o^{\text{гол}} = 0,3(1 - 0,49) = 0,153$	$t_{\text{полт}} = 0,08 \cdot 60 = 4,8$ мин
$\mathcal{Ж} = 2,13; \text{И} = 0,342$	$t_{\text{ПТЭ}}^{\text{гол}} = 2,13 + 0,342 \cdot 30 = 12,4$ мин
$m_{\text{гол}} = 60(1 - 0,49) = 30,6$ ваг.	$t_{\text{оф}}^{\text{в}} = 12,4 + 4,8 = 17,2$ мин
$\rho_o^{\text{гол}} = 0,3(1 - 0,49) = 0,153$	$t_{\text{полт}} = 0,08 \cdot 60 = 4,8$ мин
$B = 0,48; E = 0,03$	$t_{\text{ПТЭ}}^{\text{гол}} = 0,48 + 0,003 \cdot 30 = 1,4$ мин
$m_{\text{гол}} = 60(1 - 0,5) = 30$ ваг.	$t_{\text{оф}}^{\text{в}} = 1,4 + 4,8 = 6,2$ мин
$k = \frac{6+5+4}{3} = 5$ групп	$t_c = 0,41 \cdot 13,5 + 0,32 \cdot 40,5 = 18,5$ мин
$p = 5 - 1 = 4$ пути	$t_{\text{сб}} = 1,8 \cdot 4 + 0,3 \cdot 32,4 = 16,9$ мин
$m_{\text{сб}} = \frac{40,5 \cdot (5 - 1)}{5} = 32,4$ ваг.	$t_{\text{оф}}^{\text{в}} = 18,5 + 16,9 = 35,4$ мин
$A = 0,41; B = 0,32$	
$g_o^{\text{сп}} = 20 \cdot \frac{40,5}{60} = 13,5$ отцепов	
Не проводится	

## 2.2 Расчет продолжительности цикла работы маневровых локомотивов по окончанию формирования составов поездов на вытяжных путях

Продолжительность цикла работы маневрового локомотива на вытяжных путях по окончанию формирования составов грузовых поездов включает следующие затраты времени:

$$T_{\text{оф}} = t_{\text{оф}}^{\text{В}} + t_{\text{пер}}^{\text{ПО}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{обр}}, \quad (2.19)$$

где  $t_{\text{оф}}^{\text{В}}$  – затраты времени на операции по окончанию формирования составов поездов (с учетом затрат времени на подтягивание состава со стороны вытяжного пути), мин;  $t_{\text{пер}}^{\text{ПО}}$  – затраты времени на перестановку состава из сортировочного парка (СП) в парк отправления (ПО) или приемо-отправочный парк (ПОП), мин;  $t_{\text{закр}}$  – затраты времени на закрепление состава на путях отправления (ПО, ПОП или на путях сортировочно-отправочного парка – СОП), мин;  $t_{\text{обр}}$  – затраты времени на возвращение локомотива в сортировочный парк из парка отправления (приемо-отправочного парка), мин.

Время перестановки состава при последовательном расположении парков СП и ПО будет состоять из одного полурейса, а при параллельном расположении парков (СОП и ПО или СП и ПОП) будет состоять из двух полурейсов (вытягивание состава с пути СП на вытяжной путь, а затем осаживание состава вагонами вперед с вытяжного пути на путь ПО или ПОП) (см. рисунок 2.2) и времени на перемену направления движения ( $t_{\text{пд}}$ ). В затраты времени на перестановку включаются простои локомотива с составом из-за враждебности маршруту движения, вызванных иными передвижениями в маневровом районе.

При одном полурейсе время перестановки

$$t_{\text{пер}}^{\text{ПО}} = t_{\text{п/р}} k_{\text{вр}}, \quad (2.20)$$

при двух полурейсах

$$t_{\text{пер}}^{\text{ПО}} = (t_{\text{п/р}}^1 + t_{\text{п/р}}^2) k_{\text{вр}} + t_{\text{пд}}, \quad (2.21)$$

где  $t_{\text{п/р}}$  – затраты времени на выполнение маневрового полурейса, мин,

$$t_{\text{п/р}} = \left( \alpha_{\text{рт}} + \beta_{\text{рт}} m \right) \frac{v}{2} + 0,06 \frac{l_{\text{н/р}}}{v}, \quad (2.22)$$

где  $\alpha_{рт}$  – коэффициент, учитывающий время, необходимое для изменения скорости движения локомотива на 1 км/ч при разгоне и время, необходимое для изменения скорости движения локомотива на 1 км/ч при торможении,  $\alpha_{рт} = 0,0407$  мин/(км/ч);  $\beta_{рт}$  – коэффициент, учитывающий дополнительные изменения скорости движения, происходящие на один вагон в маневровом составе на 1 км/ч при разгоне, и дополнительное изменение скорости движения, происходящее на один вагон в маневровом составе на 1 км/ч при торможении,  $\beta_{рт} = 0,0017$  мин/(км/ч);  $m$  – число вагонов в маневровом составе;  $v$  – допустимая скорость движения при маневрах, км/ч;  $l_{п/р}$  – длина полурейса, м; длина полурейса устанавливается с учетом заданных на схеме станции длин горловин парков станции и величины маневрового состава;  $t_{пд}$  – время на перемену направления движения, мин; для маневровых локомотивов –  $t_{пд} = 0,15$  мин;  $k_{вр}$  – коэффициент враждебности перестановки (принимается на основе анализа загрузки районов передвижения; в проекте принимается  $k_{вр} = 1,10 \dots 1,30$ ).

Время перестановки состава может рассчитываться для грузовых поездов заданной длины состава  $m$  (однотруппных и двухтруппных поездов), а также сборных поездов  $m_{сп}$  (см. таблицу 1.5).

Время закрепления тормозными башмаками принимается из условия, что укладываются два тормозных башмака,  $B_T = 2$ . В соответствии с приложением А [6]

$$t_{закр} = 0,12B_T + 0,01l_{прох}, \quad (2.23)$$

где  $l_{прох}$  – расстояние прохода при укладке тормозного башмака, м; (принимается от 50 до 100 м).

Время возвращения маневрового локомотива в СП будет состоять из времени выполнения холостых полурейсов (см. рисунок 2.2) и определяться по формуле (2.21). Затраты времени на выполнение каждого холостого полурейса возвращения маневрового локомотива определяются по формуле

$$t_{п/р} = 0,0407 \frac{v}{2} + 0,06 \frac{l_{п/р}}{v}. \quad (2.24)$$

Затраты времени на враждебность в передвижениях при возвращении локомотива учитываются аналогично, как и при перестановке.

Пример расчета параметров цикла работы маневрового локомотива по окончанию формирования для станции с последовательным расположением парка представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Пример расчета параметров продолжительности операций цикла работы маневрового локомотива по окончанию формирования

Технологическая операция	Номер формулы	Расчеты	Примечание
Перестановка состава одногруппного (двухгруппного) поезда из СП в ПО	–	$l_{п/р1} = l_3 + l_{по} = 300 + 1050 = 1350 \text{ м}$	Схема станции
	(2.22)	$t_{п/р1} = (0,0407 + 0,0017 \cdot 60) \frac{25}{2} + 0,06 \frac{1350}{25} = 5,0 \text{ мин}$	$v_{пер} = 25 \text{ км/ч}$
	(2.20)	$t_{п/р1} = 5,0 \cdot 1,2 = 6,0 \text{ мин}$	–
Перестановка состава сборного поезда из СП в ПО	–	$l_{п/р1} = l_3 + l_{по} = 300 + 1050 = 1350 \text{ м}$	Схема станции
	(2.22)	$t_{п/р1} = (0,0407 + 0,0017 \cdot 40,5) \frac{25}{2} + 0,06 \frac{1350}{25} = 4,6 \text{ мин}$	$v_{пер} = 25 \text{ км/ч}$
	(2.20)	$t_{п/р1} = 4,6 \cdot 1,2 = 5,5 \text{ мин}$	–
Установка средств закрепления	(2.23)	$t_{закр} = 0,12 \cdot 2 + 0,01 \cdot 100 = 1,2 \text{ мин}$	Б = 2 башмака $l_{прох} = 100 \text{ м}$
Возвращение маневрового локомотива из ПО в СП	–	$l_{п/р1} = l_6 = 250 \text{ м}$	Схема станции
	(2.24)	$t_{п/р1} = 0,0407 \frac{15}{2} + 0,06 \frac{250}{15} = 1,7 \text{ мин}$	$v_{уб} = 10 \text{ км/ч}$
	–	$l_{п/р2} = l_6 + l_{по} + l_3 = 250 + 1050 + 300 = 1600 \text{ м}$	Схема станции
	(2.24)	$t_{п/р2} = 0,0407 \frac{25}{2} + 0,06 \frac{1600}{25} = 4,3 \text{ мин}$	$v_3 = 25 \text{ км/ч}$
	(2.21)	$t_{обр} = (1,7 + 4,4) \cdot 1,2 + 0,15 = 7,4 \text{ мин}$	$t_{п,ди} = 0,15 \text{ мин}$
Общие затраты на перестановку состава в ПО	–	$T_{пер}^{одн} = 6,0 + 1,2 + 7,4 = 14,6 \text{ мин}$ $T_{пер}^{сб} = 5,5 + 1,2 + 7,4 = 14,1 \text{ мин}$	–

При отправлении поездов непосредственно из сортировочно-отправочного парка (поезда, отправляемые на Л и М; второй вариант схемы станции А) операции перестановки состава и возвращения маневрового локомотива не производятся. В этом случае

$$T_{оф} = t_{оф}^B + t_{закр} + t_{сп}, \quad (2.25)$$

где  $t_{сп}$  – затраты времени на перемещение маневрового локомотива с одного пути сортировочного парка на другой, мин; определяется по формуле (2.21).

При использовании на станции для отправления двух парков: сортировочно-отправочного и парка отправления (приемо-отправочного) необходимо установить средневзвешенное значение параметров времени перестановки маневрового состава и возвращения локомотивов в СП и перемещения с одного пути СП на другой после завершения операций окончания формирования:

$$t_{пер} = \frac{N_o^{по} (t_{пер}^{по} + t_{закр} + t_{обр}) + N_o^{сп} (t_{закр} + t_{сп})}{N_o^{по} + N_o^{сп}}, \quad (2.26)$$

где  $N_o^{по}$ ,  $N_o^{сп}$  – соответственно число составов поездов своего формирования переставляемых в парк отправления и отправляемых из сортировочного парка без перестановки (см. таблицу 1.5).

При расчете продолжительности цикла работы маневрового локомотива по окончанию формирования составов на вытяжном пути для станции с двумя парками отправления (СОП и ПО или ПОП) учитывается средневзвешенное значение времени перестановки составов, рассчитанное по формуле (2.26).

Расчеты норм времени перестановки составов и возвращения маневрового локомотива могут сопровождаться изображением схем полурейсов.

Нормирование операций по каждой схеме завершается составлением технологического графика, последовательности и продолжительности этих операций по форме, представленной на рисунках 2.2–2.4.

В результате разработки и нормирования всех схем составляется сводная таблица норм времени на маневровую работу по окончанию формирования составов поездов (см. таблицу 2.4).

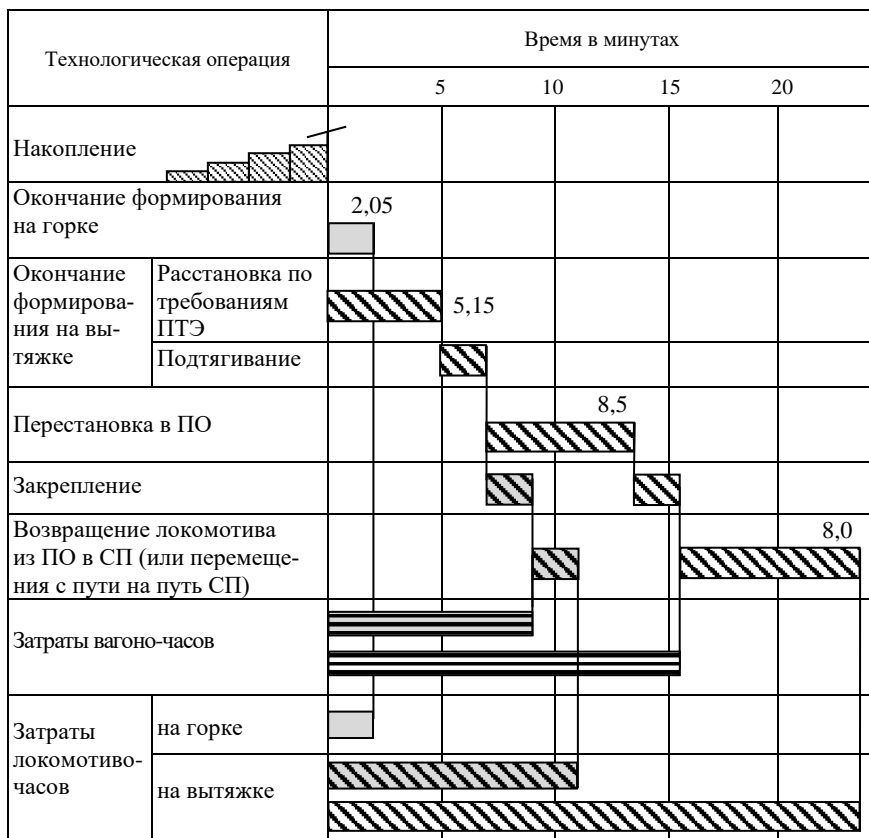


Рисунок 2.2 – Технологический график окончания формирования одногруппного поезда со стороны горки и вытяжного пути (для второго варианта схемы станции)

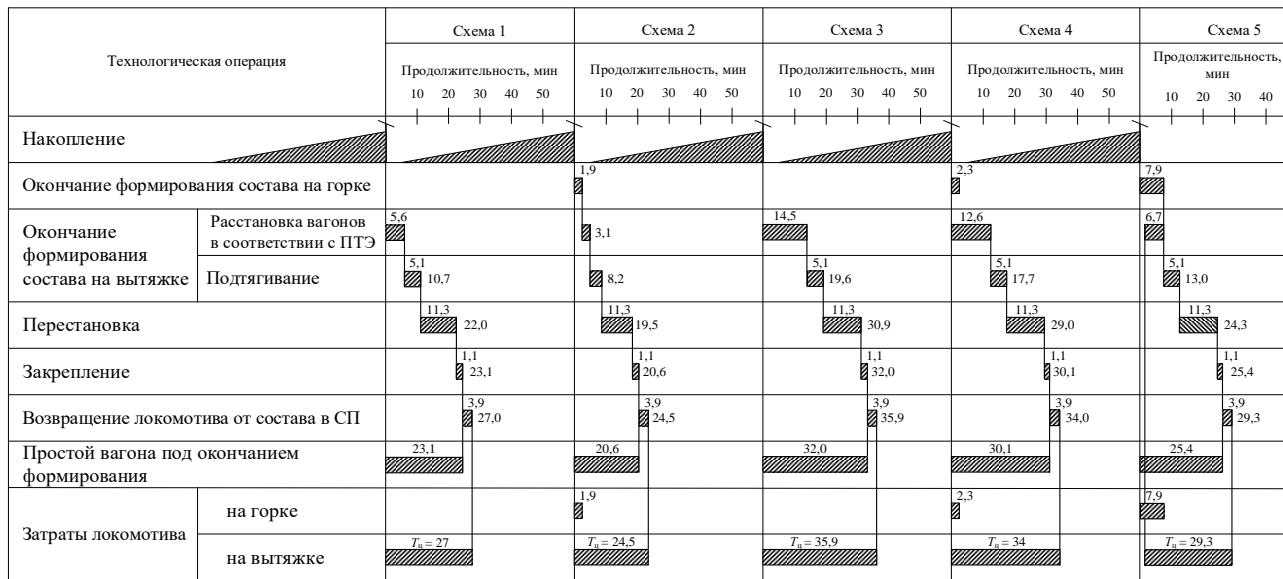


Рисунок 2.3 – Технологические графики окончания формирования составов одногруппных и двухгруппных поездов (станция с параллельным расположением парков)



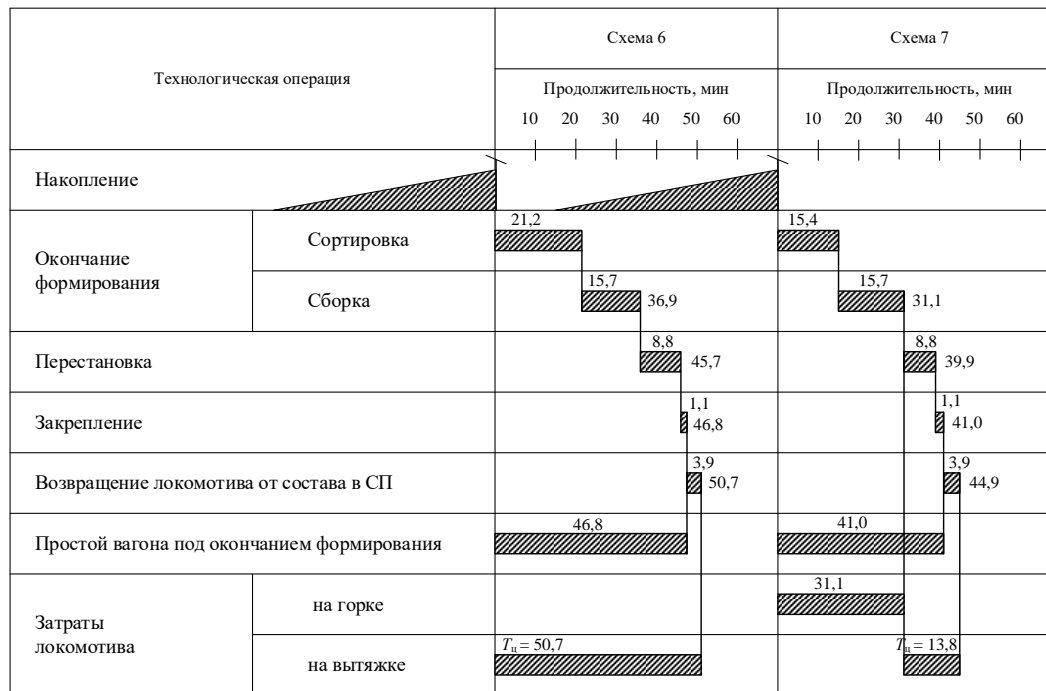


Рисунок 2.4 – Технологические графики окончания формирования составов многогруппных поездов (станция с параллельным расположением парков)

Таблица 2.4 – Сводная таблица продолжительности окончания формирования поездов

Номер схемы	Категория поезда и технология его окончания формирования	Нормы времени, мин		
		на окончание формирования		цикл локомотива на вытяжке $T_{\text{оф}}$
		на горке $t_{\text{оф}}^r$	на вытяжке $t_{\text{оф}}^в$	
1	Одногруппный поезд формируется на вытяжке	–	9,4	24,0
2	Одногруппный поезд формируется на горке и на вытяжке	2,1	6,2	20,8
3	Двухгруппный поезд формируется на вытяжке	–	18,6	33,2
4	Двухгруппный поезд формируется с двух сторон, соединение групп производится со стороны вытяжки	2,1	17,2	31,8
5	Двухгруппный поезд формируется с двух сторон, соединение групп производится со стороны горки	7,1	6,2	20,8
6	Сборный поезд формируется на вытяжке	–	35,4	49,5
7	Сборный поезд формируется на горке	33,7	–	14,1

### 2.3 Разработка вариантов распределения маневровой работы по окончанию формирования составов поездов

Процесс окончания формирования составов грузовых поездов на станции может производиться с использованием основных сортировочных устройств – горки и вытяжных путей.

Исходными данными для разработки вариантов распределения сортировочной работы между горкой и вытяжкой являются расчетное количество формируемых поездов различных категорий (см. таблицу 1.5) и нормы времени на окончание их формирования на горке и вытяжке (см. таблицы 2.2, 2.4).

Сортировочная горка – наиболее эффективное и высокопроизводительное сортировочное устройство на станции. На горке производится роспуск составов всех категорий поездов, поступающих в расформирование. Со стороны горки производится осаживание вагонов

на путях сортировочного парка, что более эффективно по сравнению с подтягиванием их со стороны вытяжных путей. Однако в период гущенного поступления грузовых поездов в расформирование, когда требуется форсировать роспуск составов с горки, осаживание заменяется подтягиванием вагонов со стороны вытяжки.

В периоды разреженного прибытия грузовых поездов на станцию горка загружена не полностью, поэтому ее можно использовать также для окончания формирования составов поездов. Темпы выполнения этих работ на горке более высокие, чем на вытяжных путях. Наибольший эффект достигается при формировании на горке составов сборных, вывозных, передаточных поездов с большим объемом сортировочно-группировочной маневровой работы, а также при выполнении необходимых перестановок вагонов в частях составов, расположенных со стороны горки.

Маневровые диспетчера (ДСЦ) часто используют горку для окончания формирования поездов, в оперативном порядке рационально распределяя эту работу между сортировочными устройствами. На некоторых станциях с небольшим уровнем загрузки горки расформированием поездов весь объем работы по окончанию формирования выполняется на горке. На ряде станций, где горка перегружена работой, окончание формирования всех поездов может выполняться только со стороны вытяжных путей. На большинстве сортировочных станций имеется возможность лишь частичного выполнения на горке работы по окончанию формирования поездов.

Для образования множества возможных вариантов распределения маневровой работы необходимо наметить крайние варианты, в одном из которых горка минимально загружена работой по окончанию формирования, в другом – максимально (таблица 2.5). Достигается это за счет использования различных схем окончания формирования составов поездов. Так, в проекте для первого варианта целесообразно использовать схемы 1, 3, 6, а для последнего – схемы 2, 5, 7.

Для одnogруппных поездов варианты образуются за счет изменения доли составов, с которыми выполняется окончание формирования по первой ( $\beta_1$ ) и по второй схемам ( $\beta_2$ ). Например, для третьего варианта (см. таблицу 2.3) при  $\beta_1 = 0,25$  у 25 % составов поездов производится окончание формирования по первой схеме и у 75 % ( $\beta_2 = 0,75$ ) – по второй.

Таблица 2.5 – Варианты распределения работы по окончанию формирования составов поездов

Категория и назначение поездов		Формируется		Вариант											
				1			2			3			4		
		поездов	вагонов	Схема	$\Sigma t_{\text{оф}}^r$	$\Sigma t_{\text{оф}}^B$	Схема	$\Sigma t_{\text{оф}}^r$	$\Sigma t_{\text{оф}}^B$	Схема	$\Sigma t_{\text{оф}}^r$	$\Sigma t_{\text{оф}}^B$	Схема	$\Sigma t_{\text{оф}}^r$	$\Sigma t_{\text{оф}}^B$
Одногруппные		29,7	1779	$\beta_1 = 1$	–	279,2	$\beta_1 = 0,5$	–	139,6	$\beta_1 = 0,25$	–	69,8	$\beta_1 = 0$	–	0
				$\beta_2 = 0$	0	0	$\beta_2 = 0,5$	31,2	92,1	$\beta_2 = 0,75$	46,8	138,1	$\beta_2 = 1$	62,4	184,1
Двух-группные	Д+Е	10,6	638	3	–	197,2	4	22,3	182,3	5	21,4	75,3	5	75,3	65,7
	Л+И	7,9	473	3	–	146,9	4	16,6	135,9	4	16,6	135,9	5	56,1	49,0
	О+П	8,8	527	3	–	163,7	4	18,5	151,4	4	18,5	151,4	5	62,5	54,6
Сборные	А-Б	2	90	6	–	70,8	7	67,4	–	7	67,4	–	7	67,4	–
	А-Л	2	60	6	–	70,8	6	–	70,8	7	67,4	–	7	67,4	–
	А-М	2	93	6	–	70,8	6	–	70,8	6	–	83,6	7	67,4	–
Итого		63	3660			999,4		156	842,9		238,1	654,1		458,5	353,4
Средневзвешенные значения времени окончания формирования	на горке	$t_{\text{оф}}^r$		0	–			2,5	–		3,8	–		7,3	–
	на вытяжке	$t_{\text{оф}}^B$		–	15,9		–	13,4		–	10,4		–	5,6	
Цикл локомотива на вытяжке		$T_{\text{оф}}^B$			30,5			28,0			25,0			20,2	
<p><i>Примечание – <math>\beta_1, \beta_2</math> – доля составов одногруппных поездов, для окончания формирования которых используются первая либо вторая схемы.</i></p>															

Число промежуточных вариантов берут таким, чтобы загрузка горки от варианта к варианту изменялась равномерно, например, на 60–100 минут. При этом надо стремиться к тому, чтобы этот шаг был примерно постоянным от одного варианта к последующему. Допускается в проекте отклонение его от среднего значения до 20 %.

Для каждого варианта необходимо получить суточную загрузку в минутах горки и вытяжных путей  $\sum t_{\text{оф}}^r$  и  $\sum t_{\text{оф}}^b$ , среднее значение продолжительности занятия горки окончанием формирования  $t_{\text{оф}}^r$  и среднее время окончания формирования на вытяжке  $t_{\text{оф}}^b$  в расчете на один формируемый состав, средний цикл работы локомотива на вытяжных путях  $T_{\text{оф}}^b$  (см. таблицу 2.5). Эти параметры необходимы для последующих расчетов – определения технологических интервалов работы горки и вытяжек в каждом варианте распределения работы.

## 2.4 Расчет продолжительности выполнения операций на горке

Технологической основой работы сортировочной горки является совмещение процессов расформирования с формированием составов грузовых поездов. В процессе роспуска составов вагоны поступают на пути накопления сортировочного парка в соответствии с назначениями плана формирования поездов и требованиями, установленными в ТНПА [7, 8], регламентирующими эксплуатационную работу станции.

Технологический цикл времени на расформирование и формирование одного состава на сортировочной горке состоит из отдельных маневровых операций и определяется по формуле

$$T_{\text{рф}}^r = t_3 + t_{\text{сн}}^3 + t_{\text{в}} + t_{\text{н}} + t_{\text{р}} + t_{\text{ос}} + t_{\text{оф}}^r, \quad (2.27)$$

где  $t_3$  – затраты времени на заезд маневрового локомотива с горба горки в парк прибытия к составу;  $t_{\text{сн}}^3$  – затраты времени на снятие средств закрепления состава поезда;  $t_{\text{в}}$  – затраты времени на вытягивание состава с ПП (ПОП) на горочные вытяжные пути (при параллельном расположении путей ПП, ПОП и СП);  $t_{\text{н}}$  – затраты времени на надвиг состава до горба горки;  $t_{\text{р}}$  – затраты времени на роспуск состава с сортировочной горки;  $t_{\text{ос}}$  – затраты времени на осаживание вагонов на путях накопления СП;  $t_{\text{оф}}^r$  – затраты времени на окончание формирования, приходящееся на один состав.

Затраты времени на выполнение технологических операций нормируются для исходного путевого состояния горки – однопутная горка без объездного пути (рисунок 2.5).

Технологическое время заезда маневрового локомотива с горба однопутной горки в парк приема (приемо-отправочный парк) за составом определяется на основе маршрутной схемы (см. рисунок 2.5) по формуле

$$t_3 = \sum_{i=1}^n t_{п/рi} + \sum_{i=1}^{n-1} t_{п,дi}, \quad (2.28)$$

где  $t_{п/рi}$  – продолжительность  $i$ -го полурейса операции заезда, мин; (в вариантах *а* и *б*  $n = 2$  полурейса);  $t_{п,дi}$  – время на перемену направления движения маневрового локомотива, мин; (в вариантах *а* и *б*  $n - 1 = 1$  смена направления движения); значения  $t_{п,дi}$  принимаются для маневровых локомотивов  $t_{п,дi} = 0,15$  мин.

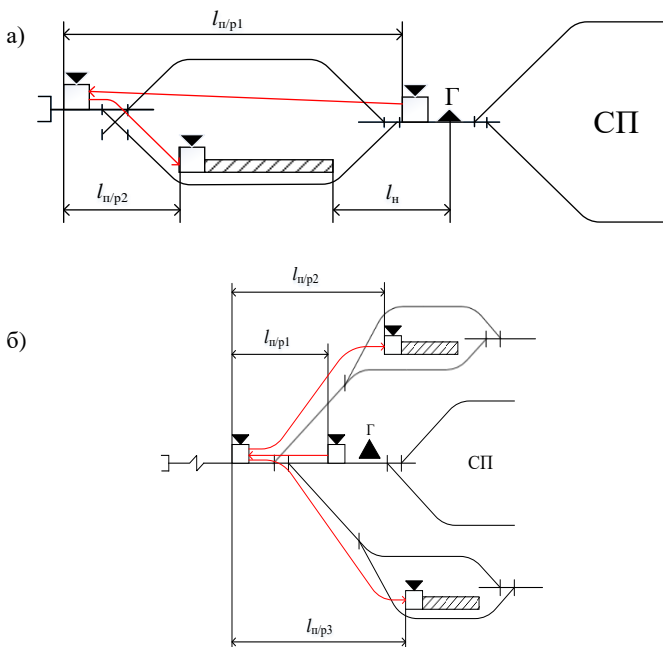


Рисунок 2.5 – Схема заезда маневрового локомотива с горба горки под состав поезда в ПП (ПОП):

*а* – при последовательном расположении ПП и Г; *б* – при параллельном расположении ПОП и Г

Норма времени на снятие средств закрепления зависит от числа снимаемых тормозных башмаков и определяется в соответствии с рекомендациями [6, приложение А]:

$$t_{\text{сн}}^3 = 0,12Б + 0,01l_{\text{прох}}, \quad (2.29)$$

где Б – число уложенных под состав грузового поезда башмаков; в проекте принимается два башмака;  $l_{\text{прох}}$  – расстояние, проходимое работником станции при уборке уложенных под состав башмаков, м; принимается  $l_{\text{прох}} = 50 \dots 100$  м.

Операция вытягивания состава на вытяжной путь горки присутствует при параллельном расположении ПП (ПОП) и СП и определяется исходя из маршрутной схемы (рисунок 2.6) как время полурейса вытягивания по формуле (2.20). При последовательном расположении парков операция вытягивания отсутствует.

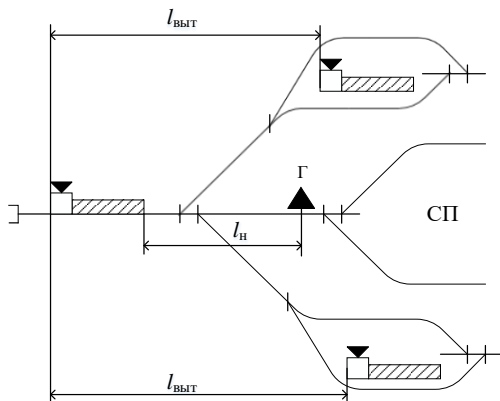


Рисунок 2.6 – Схема вытягивания состава поезда на вытяжной путь горки с ПОП

Технологическое время надвига состава на сортировочную горку (см. рисунки 2.5 и 2.6) определяется по формуле

$$t_{\text{н}} = 0,06 \frac{l_{\text{н}}}{v_{\text{н}}}, \quad (2.30)$$

где  $l_{\text{н}}$  – расстояние надвига от средней точки положения предельных столбиков парка приема или стрелки горочного вытяжного пути до вершины горки, м;  $v_{\text{н}}$  – средняя скорость надвига состава на сортировочную горку, км/ч; принимается в соответствии с рекомендациями, изложенными в [6, 7].

Технологическое время роспуска состава с сортировочной горки

$$t_p = t_{p.c} + \Delta t_p, \quad (2.31)$$

где  $t_{p.c}$  – затраты времени на роспуск состава с горки, без учета дополнительного времени на маневры с вагонами, запрещенными к роспуску с горки без локомотива (далее ЗСГ), мин;  $\Delta t_p$  – увеличение времени роспуска на маневры с вагонами ЗСГ, мин.

Время роспуска составов с горки, без учета дополнительного времени на вагоны ЗСГ, определяется по формуле

$$t_{p.c} = 0,06 \frac{l_b m}{v_p} \left(1 - \frac{1}{2g}\right), \quad (2.32)$$

где  $l_b$  – расчетная длина условного вагона (14 м);  $m$  – число вагонов в составе;  $g$  – число отцепов в составе поезда;  $v_p$  – средняя расчетная скорость роспуска состава, км/ч; принимается в соответствии с рекомендациями, изложенными в [6, 7].

Увеличение среднего времени роспуска за счет дополнительных маневров с вагонами ЗСГ, приходящееся на один распускаемый состав, определяется по формуле

$$\Delta t_p = \beta_{ЗСГ} t_{ман}^{ЗСГ}, \quad (2.33)$$

где  $\beta_{ЗСГ}$  – доля составов с вагонами ЗСГ от общего количества расформируемых составов (устанавливается на основе статистических данных, в проекте задается преподавателем);  $t_{ман}^{ЗСГ}$  – затраты времени на маневры с вагонами ЗСГ, приходящееся на один состав, мин (принимается по [6, таблица 2.3]).

Технологическое время на осаживание вагонов со стороны горки для ликвидации «окон» между группами вагонов на путях СП (СОП)

$$t_{oc} = 0,06m. \quad (2.34)$$

Затраты времени на окончание формирования состава со стороны горки ( $t_{оф}^r$ ) установлены по каждому варианту распределения работы между горкой и вытяжными путями (см. таблицу 2.5).

Пример расчета параметров представлен в таблице 2.6.



Таблица 2.6 – Пример расчета параметров продолжительности операций на горке (последовательное расположение ПП и СП)

Технологический параметр	Номер формулы	Расчеты	Примечание
Затраты времени на заезд	–	$l_{п/р1} = l_1 + l_2 + l_3 = 250 + 1050 + 250 = 1550 \text{ м}$	Схема станции
	–	$l_{п/р2} = l_3 = 250 \text{ м}$	Схема станции
	(2.24)	$t_{п/р1} = 0,0407 \frac{40}{2} + 0,06 \frac{1550}{40} = 3,1 \text{ мин}$	$v_3 = 40 \text{ км/ч}$
	(2.24)	$t_{п/р2} = 0,0407 \frac{15}{2} + 0,06 \frac{250}{15} = 1,3 \text{ мин}$	$v_3 = 15 \text{ км/ч}$
	(2.28)	$t_3 = (3,1 + 1,3) \cdot 1,1 + 0,15 = 5,0 \text{ мин}$	$t_{п.д} = 0,15 \text{ мин}$
Снятие средств закрепления	(2.29)	$t_{сн}^2 = 0,12 \cdot 2 + 0,01 \cdot 100 = 1,2 \text{ мин}$	Б = 2 башмака; $l_{прох} = 100 \text{ м}$
Вытягивание состава	–	Отсутствует	Последовательное расположение ПП и Г
Надвиг состава на горку	(2.30)	$l_{н} = l_3 = 250 \text{ м}$ $t_{н} = 0,06 \frac{250}{10} = 1,5 \text{ мин}$	Схема станции; $v_{н} = 10 \text{ км/ч}$
Роспуск состава с горки	(2.32)	$t_{р.с} = 0,06 \frac{14 \cdot 60}{4} (1 - \frac{1}{2 \cdot 20}) = 12,3 \text{ мин}$	$g_o = 20$ отцепов (по заданию); $v_p = 4 \text{ км/ч}$
	–	$t_{ман}^{зсг} = 4,6 \text{ мин}$ ; таблица 2.3 [6];	Способ маневровой работы с вагонами ЗСГ – осаживание; задается $K_{зсг} = 1,5$ ; По схеме станции $l_{горл}^{сп} = l_3 = 250 \text{ м}$
	(2.33)	$\Delta t_p = 0,5 \cdot 4,6 = 2,3 \text{ мин}$	Принимается $\beta_{зсг} = 0,5$
	(2.31)	$t_p = 12,3 + 2,3 = 14,6 \text{ мин}$	–
Осаживание вагонов	(2.34)	$t_{ос} = 0,06 \cdot 60 = 3,6 \text{ мин}$	–
Окончание формирования вагонов со стороны горки		Вариант 1 – $t_{оф}^r = 0$ ; Вариант 2 – $t_{оф}^r = 2,5 \text{ мин}$ ; Вариант 3 – $t_{оф}^r = 3,8 \text{ мин}$ ; Вариант 4 – $t_{оф}^r = 7,3 \text{ мин}$	Таблица 2.5
Технологический цикл времени на расформирование и формирование одного состава на сортировочной горке при одном горочном локомотиве		Вариант 1 – $T_{рф}^r = 5,0 + 1,2 + 1,5 + 14,6 + 0 = 25,9 \text{ мин}$ ; Вариант 2 – $T_{рф}^r = 5,0 + 1,2 + 1,5 + 14,6 + 2,5 = 28,4 \text{ мин}$ ; Вариант 3 – $T_{рф}^r = 5,0 + 1,2 + 1,5 + 14,6 + 3,8 = 29,7 \text{ мин}$ ; Вариант 4 – $T_{рф}^r = 5,0 + 1,2 + 1,5 + 14,6 + 7,3 = 33,2 \text{ мин}$ .	

## 2.5 Разработка вариантов горочной технологии

Выбор эффективной работы сортировочной горки является важной задачей оптимизации технологии переработки вагонопотока. В проекте необходимо, учитывая передовой опыт работы горок сортировочных станций железных дорог, разработать возможные конкурентоспособные варианты горочной технологии для существующих условий работы горки и для различных вариантов ее путевого развития и технического оснащения.

Перечень конкретных вариантов выбирается по указанию преподавателя. Например, в задании может быть указана однопутная горка, для которой необходимо проработать варианты ее развития в однопутную с объездным путем, в однопутную с двумя путями надвига или в двухпутную. Варианты путевых схем сортировочной горки разрабатываются студентом на основании схемы задания и схем, приведенных в [5, гл. 4].

По указанию преподавателя варьируется число маневровых локомотивов, работающих на горке. Так, для вариантов однопутной горки, как правило, следует брать один и два локомотива, для двухпутной – два и три.

Для каждого варианта путевого развития горки при соответствующем числе маневровых локомотивов определяются горочные технологические интервалы  $t_r$ , для чего строятся горочные технологические графики. При большом числе вариантов по указанию преподавателя количество графиков может быть уменьшено, а параметр  $t_r$  рассчитан аналитически. Практически в большинстве случаев достаточно построить горочные графики для первого и последнего вариантов окончания формирования составов поездов (см. таблицу 2.5), а для остальных промежуточных вариантов горочные технологические интервалы можно рассчитать.

Построение графиков горочной технологии производится на основе следующих параметров: продолжительности заезда, снятия средств закрепления, вытягивания состава (при параллельном расположении ПОП и СП), надвига, роспуска, осаживания и окончания формирования в расчете на один распускаемый состав (подразд. 2.4).

При работе на горке двух и более горочных локомотивов для каждого варианта путевого развития сортировочной горки (однопутная; однопутная с объездным путем; однопутная с объездным путем и

двумя путями надвига; двухпутная) необходимо определить значения технологических перерывов в работе горки: время от момента окончания роспуска одного состава и до момента начала роспуска следующего –  $\Delta t_1$ , а также время от момента завершения работы по окончанию формирования или осаживанию до начала роспуска состава с горки –  $\Delta t_2$ .

Технологический интервал  $\Delta t_1$  на *однопутной горке без объездного пути* включает затраты времени на выполнение операций движения горочного локомотива, завершившего роспуск, с горба горки по пути надвига за первую разделительную стрелку парка приема ( $t_{дв}^{пп}$ ), приготовления маршрута для надвига последующего состава поезда на горку, открытие сигнала, освоение его машинистом ( $t_M$ ), а также надвиг состава ( $t_H$ ):

$$\Delta t_1 = t_{дв}^{пп} + t_M + t_H. \quad (2.35)$$

При параллельном расположении ПОП и горки  $\Delta t_1$  определяется по формуле

$$\Delta t_1 = t_3 + t_B + t_M + t_H, \quad (2.36)$$

где  $t_3$  – затраты времени на заезд горочного локомотива с горба горки в ПОП, мин (подразд. 2.4);  $t_B$  – затраты времени на вытягивание состава с ПОП на вытяжной путь горки, мин (подразд. 2.4).

Продолжительность  $t_{дв}^{пп}$  рассчитывается по формуле (2.24) в зависимости от длины полурейса  $l_{дв}^{пп}$ , который устанавливается по схеме станции. Продолжительность  $t_M$  принимается равной 0,1–0,25 мин.

Продолжительность технологического интервала  $\Delta t_1$  на *однопутной горке с объездным путем* (при условии, что горка не подготовлена для применения попутного надвига) включает затраты времени на выполнение операций освобождения горба горки от маневрового локомотива путем его передвижения на путь СП (СОП), имеющего выход на объездной путь ( $t_{дв}^{пп}$ ), приготовление маршрута надвига состава, открытие сигнала, освоение его машинистом ( $t_M$ ), а также надвиг состава ( $t_H$ ):

$$\Delta t_1 = t_{дв}^{сп} + t_M + t_H. \quad (2.37)$$

Продолжительность  $t_{дв}^{сп}$  рассчитывается по формуле (2.24) в зависимости от длины полурейса  $l_{дв}^{сп}$ , которая устанавливается по схеме станции.

При параллельном расположении ПОП и горки, а также обеспечении маршрута передвижения маневрового локомотива без занятия соединительных путей между вытяжным путем горки и ПОП интервал  $\Delta t_1$  определяется по формуле

$$\Delta t_1 = t_b + t_m + t_n . \quad (2.38)$$

Технологический интервал  $\Delta t_1$  на *однопутной горке с двумя путями надвига* (при условии технической возможности параллельно роспуску одного состава осуществлять надвиг другого состава) включает затраты времени на движение горочного локомотива с горба горки за стрелку, разделяющие пути надвига перед горбом горки ( $t_{дв}^{пн}$ ), на выполнение операций приготовления маршрута короткого надвига состава, открытие горочного сигнала, освоение его машинистом ( $t_m$ ), а также выполнение короткого надвига состава ( $t_{кн}$ ):

$$\Delta t_1 = t_{дв}^{пн} + t_m + t_{кн} . \quad (2.39)$$

Продолжительность  $t_{дв}^{пн}$  рассчитывается по формуле (2.24) в зависимости от длины полурейса  $l_{дв}^{пн}$ , которая устанавливается по схеме станции.

Технологический интервал  $\Delta t_1$  на *двухпутной горке* включает затраты времени на выполнение операций на переключение устройств на другой путь роспуска, открытие сигнала, освоение его машинистом ( $t_m$ ), а также выполнение короткого надвига ( $t_{кн}$ ):

$$\Delta t_1 = t_m + t_{кн} . \quad (2.40)$$

Продолжительность короткого надвига определяется по формуле (2.30). Длина короткого надвига  $l_{кн}$  устанавливается по схеме станции. Скорость короткого надвига принимается равной  $v_{кн} = v_n$ .

Следует отметить, что в течение интервала времени  $\Delta t_1$  дежурным по горке (ДСПГ) доводится план роспуска каждого состава до соответствующих работников горки.

Для сокращения расчетов в проекте можно принимать  $\Delta t_1 = \Delta t_2$  (т. е. маневровый локомотив после выполнения операции окончания формирования находится на горбу горки).

Необходимо отметить, что не всегда фактические технологические интервалы между роспусками составов на графике будут равны  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$ . Иногда они будут иметь большее значение, чем  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$ .

Поэтому фактически реализуемые на графике интервалы обозначим соответственно через  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  ( $\Delta_1 \geq \Delta t_1$ ;  $\Delta_2 \geq \Delta t_2$ ).

После нормирования  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$  приступают к построению горочных технологических графиков.

Самым простым является график работы горки при наличии одного горочного локомотива. Если варианты с такой технологией рассматриваются в качестве конкурентоспособных, достаточно построить график для одного варианта, а для других значение горочного технологического интервала определить расчетным путем.

Построение графиков при двух или более локомотивах требует определенных навыков, которые студенты приобретают в процессе выполнения практической и расчетно-графической работ.

Ниже приводится рекомендуемая последовательность построения горочных технологических графиков.

Рассмотрим вначале графики с двумя горочными локомотивами. В этом графике пока один локомотив производит роспуск очередного состава, второй параллельно выполняет заезд и надвиг.

Производится проверка выполнения условия:

$$t_3 + t_{\text{сн}} + (t_{\text{в}}) + t_{\text{н}} \leq t_{\text{п}} + \Delta t_{\text{п}} + 2\Delta t_1. \quad (2.41)$$

Если условие соблюдается, то ограничивающей цепочкой операций при построении горочного графика будет роспуск составов, и между окончанием расформирования одного и началом роспуска другого будут реализовываться интервалы  $\Delta_1 = \Delta t_1$ . И наоборот, когда условие (2.41) не выполняется, критическими становятся операции заезда и надвига. Появляются непроизводительные простои горки в ожидании надвига очередного состава. Фактические интервалы между роспусками в этом случае

$$\Delta_1 = (t_3 + t_{\text{сн}} + (t_{\text{в}}) + t_{\text{н}} - t_{\text{п}} - \Delta t_{\text{п}})/2. \quad (2.42)$$

В начале на сетке графика изображают  $n$  последовательных роспусков, разделенных интервалами времени  $\Delta_1$ , с учетом маневровой работы с вагонами ЗСГ (рисунок 2.7). Число распущенных составов в горочном цикле принимают обычно в пределах 3–5.

Затем следует показать осаживание вагонов в сортировочном парке и окончание формирования составов на горке. Следует учитывать, что параллельно двумя локомотивами осаживание можно производить на любых типах горок, а параллельно окончание формирования – только на двухпутных.

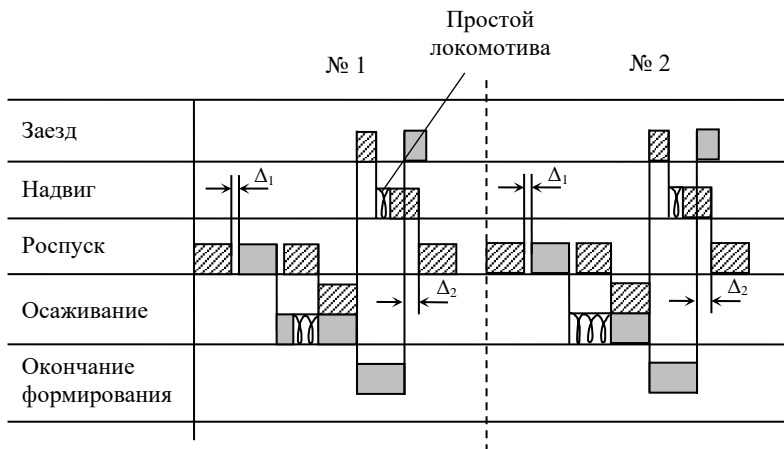


Рисунок 2.7 – Варианты технологии осаживания и окончания формирования на однопутной горке

При изображении операций осаживания возможны различные варианты. Два таких варианта показаны на рисунке 2.8. В первом случае горочный локомотив после  $(n - 1)$  роспуска (предпоследнего) направляется на один из путей СП, на который нет вагонов в следующем распускаемом составе и на котором необходимо произвести осаживание. После выполнения операции осаживания (ее продолжительность можно условно принять равной времени осаживания одного состава) горочный локомотив простаивает до окончания роспуска очередного состава. Затем осаживание выполняют два локомотива, по окончании один следует в ПП (ПОП) под очередной состав, второй производит окончание формирования. Общая продолжительность, локомотиво-минут осаживания  $nt_{oc}$ , окончания формирования –  $nt_{оф}^r$ .

Второй вариант отличается тем, что горочные локомотивы параллельно выполняют работу по осаживанию вагонов в СП (СОП) после роспуска  $n$  составов. Этот вариант применяется тогда, когда отсутствуют пути СП (СОП), на которых необходимо произвести осаживание и на которые нет поступления вагонов из очередного состава. Горочный технологический цикл в этом случае больше на  $t_{oc}/2$ . Применение такой технологии может использоваться на горках с относительно небольшим числом путей и стабильным потоком вагонов на каждое назначение.

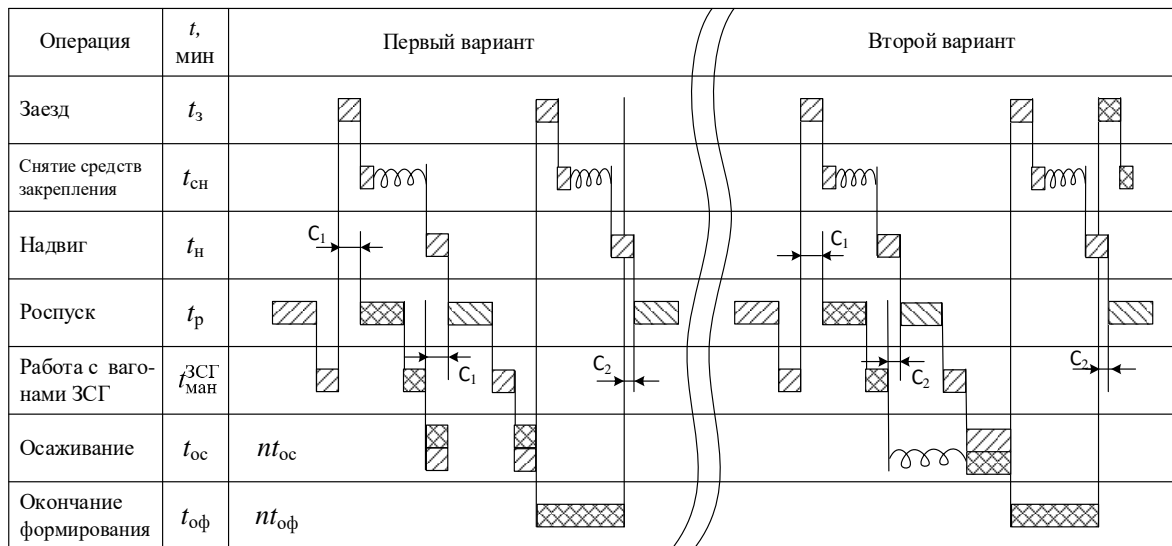


Рисунок 2.8 – Варианты технологии осаживания и окончания формирования на однопутной горке

Работу по осаживанию и окончанию формирования между локомотивами следует распределить таким образом, чтобы свести к минимуму их простой и простой горки.

**На однопутной горке**, когда осаживание производится двумя локомотивами, а окончание формирования – одним, простой для локомотива, производящего заезд после осаживания (рисунок 2.9), составит

$$t_{\text{пр}}^1 = t_{\text{оф}}^2 + \Delta_2 - (t_3 + t_{\text{сн}} (+ t_{\text{в}}) + t_{\text{н}}), \quad (2.43)$$

где  $t_{\text{оф}}^2$  – продолжительность окончания формирования составов, выполняемого вторым локомотивом,  $t_{\text{оф}}^2 = nt_{\text{оф}}^{\Gamma}$ .

Если значение  $t_{\text{пр}}^1$  получается отрицательным, необходимо перераспределить работу по осаживанию между локомотивами: для первого – уменьшить на  $|t_{\text{пр}}^1/2|$ , для второго – увеличить на такую же величину. Продолжительность выполнения осаживания каждым локомотивом для этого случая можно вычислить также из системы уравнений (см. рисунок 2.8):

$$\left. \begin{aligned} nt_{\text{ос}} &= t_{\text{ос}}^1 + t_{\text{ос}}^2 \\ t_{\text{ос}}^1 + t_3 + t_{\text{сн}} (+ t_{\text{в}}) + t_{\text{н}} &= t_{\text{ос}}^2 + t_{\text{оф}}^2 + \Delta t_2 \end{aligned} \right\}, \quad (2.44)$$

где  $nt_{\text{ос}}$  – общая продолжительность работы по осаживанию в цикле;  $t_{\text{ос}}^1, t_{\text{ос}}^2$  – продолжительность выполнения работ по осаживанию составов соответственно первым и вторым горочными локомотивами.

**Пример 2.1.**  $nt_{\text{ос}} = 3 \cdot 4 = 12$  мин;  $t_{\text{оф}}^2 = nt_{\text{оф}}^{\Gamma} = 3 \cdot 1 = 3$  мин;  $t_3 = 4$  мин;  $t_{\text{сн}} = 2$  мин;  $t_{\text{н}} = 2$  мин;  $\Delta t_2 = 3$  мин. Определить  $t_{\text{ос}}^1$  и  $t_{\text{ос}}^2$ .

*Решение.*

$$t_{\text{пр}}^1 = 3 + 3 - (4 + 2 + 2) = -2.$$

Из системы (2.6):

$$t_{\text{ос}}^2 = \frac{nt_{\text{ос}} + t_3 + t_{\text{сн}} (+ t_{\text{в}}) + t_{\text{н}} - t_{\text{оф}}^2 - \Delta t_2}{2} = \frac{12 + 4 + 2 + 2 - 3 - 3}{2} = 7 \text{ мин};$$

$$t_{\text{ос}}^1 = 12 - 7 = 5 \text{ мин}.$$

Таким образом, первый локомотив должен произвести осаживание в течение 5 мин, после чего выполнить заезд, простой по снятию средств закрепления и надвиг. За это время второй локомотив произведет осаживание и окончание формирования в течение  $5 + 3 = 8$  мин.



Если значение  $t_{\text{oc}}^1$  получается относительно малым или даже отрицательным, следует всю работу по осаживанию и окончанию формирования возложить на один локомотив.

**Пример 2.2.**  $nt_{\text{oc}} = 3 \cdot 4 = 12$  мин;  $t_{\text{оф}}^2 = nt_{\text{оф}}^r = 3 \cdot 3 = 9$  мин;  $t_3 = 4$  мин;  $t_{\text{сн}} = 2$  мин;  $t_{\text{н}} = 2$  мин;  $\Delta t_2 = 3$  мин. Определить  $t_{\text{oc}}^1$  и  $t_{\text{oc}}^2$ .

*Решение.*

$$t_{\text{пр}}^1 = 9 + 3 - (4 + 2 + 2) = 3 \text{ мин.}$$

Тогда,

$$t_{\text{oc}}^1 = t_{\text{oc}}^2 = \frac{nt_{\text{oc}}}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ мин.}$$

В этом случае, первый и второй горючие локомотивы проводят параллельно осаживание составов в сортировочном парке в течение 6 мин каждый, после чего первый локомотив выполняет заезд, простой по снятию средств закрепления и надвиг в течение 8 мин. За это время второй локомотив произведет окончание формирования в течение 9 мин.

После распределения работы между горючими локомотивами по осаживанию производится завершение построения горючего технологического графика: показывают остальные операции по заезду, снятию средств закрепления и надвигу, находят продолжительность горючего технологического цикла. Для предотвращения ошибок и обеспечения необходимой точности расчетов (до 0,1 мин) на горючем графике рекомендуется проставлять значения времени окончания каждой операции (см. рисунок 2.9). При этом окончание операции (простоя) является началом последующей операции (простоя).

Аналогично строятся горючие технологические графики и для других типов однопутной горки.

При построении технологического графика **на двухпутной горке** можно применить окончание формирования двумя горючими локомотивами, распределив работу таким образом, чтобы один из них успел сделать заезд, простой по снятию средств закрепления и надвиг к моменту завершения работы вторым локомотивом (рисунок 2.10). При этом локомотивы будут выполнять разные объемы работы по окончанию формирования. Эти объемы можно вычислить.

Если обозначить через  $t_{\text{оф}}^1$  продолжительность работы по окончанию формирования первого локомотива, через  $t_{\text{оф}}^2$  второго, то из системы уравнений (2.45) можно определить искомые параметры

$$\left. \begin{aligned} nt_{\text{оф}}^r &= t_{\text{оф}}^1 + t_{\text{оф}}^2 \\ t_{\text{оф}}^2 - t_{\text{оф}}^1 &= t_3 + t_{\text{сн}} (+ t_{\text{в}}) + t_{\text{н}} - \Delta t_2 \end{aligned} \right\}, \quad (2.45)$$

**Пример 2.3.** На окончание формирования требуется затратить  $t_{\text{оф}}^2 = nt_{\text{оф}}^1 = 3 \cdot 5 = 15$  мин; продолжительность заезда –  $t_3 = 4$  мин; снятия средств закрепления –  $t_{\text{сн}} = 2$  мин; надвига –  $t_{\text{н}} = 2$  мин;  $\Delta t_2 = 1$  мин.

*Решение.*

Из системы (2.45)

$$t_{\text{оф}}^2 = \frac{nt_{\text{оф}}^1 + t_3 + t_{\text{сн}} (+ t_{\text{в}}) + t_{\text{н}} - \Delta t_2}{2} = \frac{15 + 4 + 2 + 2 - 1}{2} = 11 \text{ мин};$$

$$t_{\text{оф}}^1 = 15 - 11 = 4 \text{ мин}.$$

Таким образом, первый локомотив должен произвести окончание формирования в течение 4 мин, после чего выполнить заезд, простой под снятием средств закрепления и надвиг. За это время второй локомотив произведет окончание формирования в течение 11 мин.

Следует отметить, что применение системы уравнений (2.45) правомерно при условии

$$nt_{\text{оф}}^1 \geq t_3 + t_{\text{сн}} + (t_3) + t_{\text{н}} - \Delta t_2, \quad (2.46)$$

иначе значение  $t_{\text{оф}}^1$  получается отрицательным, что свидетельствует о необходимости всю работу по окончанию формирования выполнять одним локомотивом. Кроме того, в этом случае необходимо перераспределить работу по осаживанию между локомотивами на основе решения системы уравнений (2.6), как это сделано выше для однопутной горки.

При построении технологических графиков на двухпутной горке с **тремя горочными локомотивами** работы по окончанию формирования и осаживанию распределяют поровну между двумя локомотивами. Третий горочный локомотив осуществляет заезд после предпоследнего роспуска состава и ожидает завершения окончания формирования, осуществляемое первым и вторым горочными локомотивами.

Также возможен вариант использования одного из трех горочных локомотивов только на выполнении операций осаживания и окончания формирования. Такой локомотив будет осуществлять параллельно роспуску осаживание вагонов на путях СП (СОП), куда отсутствуют вагоны с роспуска очередного состава. Тогда после выполнения последнего роспуска состава в цикле выполняются операции окончания формирования двумя локомотивами параллельно (рисунок 2.11).

После определения горочных интервалов для всех типов горок для различных вариантов окончания формирования составляется сводная таблица (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Значения горочных технологических интервалов

Номер состояния горки	Характеристика путевого развития горки	Число горочных локомотивов $M_T$	Варианты окончания формирования на горке			
			1	2	3	4
1	Однопутная без объездного пути	1	25,9	28,4	29,7	33,2
		2	19,6	21,3	22,6	26,1
2	Однопутная с объездным путем	2	18,5	20,0	21,3	24,8
3	Однопутная с двумя путями надвига	2	18,3	19,6	21,1	24,6
4	Двухпутная без параллельного роспуска	2	17,5	19,6	19,4	21,2
		3	15,1	16,4	17,0	18,8

## 2.6 Определение технологических интервалов работы вытяжных путей

По каждому варианту распределения маневровой работы по окончанию формирования составов между горкой и вытяжными путями (п. 2.3) рассчитывается значение средней продолжительности технологического цикла  $T_{\text{оф}}^B$  работы маневрового локомотива вытяжек по окончанию формирования (см. таблицу 2.5). Маневровые операции производятся на вытяжных путях станций после накопления вагонов на состав поезда. Маневровую работу на вытяжных путях по окончанию формирования и перестановке составов в ПО (ПОП) можно выполнять различным количеством локомотивов ( $M_B$ ).

Количество маневровых локомотивов, работающих на вытяжных путях создают варианты, различающиеся технологическим интервалом работы вытяжных путей, который можно рассчитать по формуле

$$I_B = \frac{T_{\text{оф}}^B}{M_B}. \quad (2.47)$$

Результаты расчетов представляют в виде таблицы (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Значения технологических интервалов работы вытяжных путей

Число локомотивов $M_n$	Варианты распределения маневровой работы по окончанию формирования составов			
	1	2	3	4
1	30,5	28,0	25,0	20,2
2	15,3	14,0	12,5	10,1
3	10,2	9,3	8,3	6,7

Таким образом на станции А в зависимости от путевого развития сортировочной горки, вытяжного пути, маневровых локомотивов и распределения маневровой работы по окончанию формирования составов установлены технологические интервалы вытяжных путей по 12 вариантам.

## **3 ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГОРКИ И ВЫТЯЖНОГО ПУТИ**

### **3.1 Варианты технологии и технического обеспечения процесса переработки вагонов**

В зависимости от поставленных целей и возможностей развития станции можно определить конечное множество вариантов технологии работы и ее технического оснащения. При разработке вариантов можно рассматривать следующие случаи:

1) Разрабатывается только оптимальное распределение сортировочной работы между горкой и вытяжными путями, при этом схема станции, ее техническое оснащение, путевое развитие, количество локомотивов остаются неизменными.

2) Оптимизируется распределение сортировочной работы между сортировочными устройствами и одновременно число локомотивов, работающих на горке и вытяжных путях в пределах существующей путевой схемы.

3) Разрабатывается множество возможных вариантов для выбора оптимального технологического взаимодействия в работе подсистем по расформированию-формированию с одновременной оптимизацией путевого развития станции и ее технической оснащенности.

Упорядоченное множество вариантов можно представить в виде граф вариантов, который включает различное число осей и дуг. Разработка графов вариантов и целевой функции выбора наилучшего для каждого из перечисленных случаев приведены в [1, 4, 5].

Как наиболее общий рассмотрим последний вариант расчетов, когда устанавливается оптимальное распределение сортировочной работы между горкой и вытяжками при различном числе локомотивов, возможной реконструкции горки, вытяжных путей и укладке дополнительных путей в парках станции. Расчетный граф вариантов в этом случае будет иметь пять осей. Нулевая ось предназначена для исходного состояния, первая – для вариантов распределения работы по окончанию формирования между горкой и вытяжкой, вторая – для вариантов путевого развития и технического оснащения горки, третья и четвертая – для количества локомотивов на горке и вытяжных путях.

Число вершин на каждой оси зависит от вариантов технического оснащения и технологии станции.

При составлении графа вариантов необходимо проанализировать конкурентоспособность и приемлемость различных вариантов. Особенно это относится к числу локомотивов. Например, вариант с одним горочным локомотивом имеет смысл рассматривать лишь для исходного состояния горки при условии, что обеспечивается переработка заданного числа составов. Для реконструированной горки применение одного горочного локомотива не может считаться конкурентоспособным вариантом, поскольку горочный технологический интервал остается таким же, как и при исходном состоянии горки. Такой вариант не должен рассматриваться, ибо в нем не обеспечивается отдача от вложенных на реконструкцию горки средств.

Количество горочных локомотивов и локомотивов на вытяжках принимается студентом по согласованию с руководителем проектирования в зависимости от суточного объема расформирования-формирования поездов, варианта распределения маневровой работы и типа горки.

Кроме того, все варианты горочной технологии должны быть проверены по условию переработки заданного числа поездов. Для этого находят максимально допустимое значение горочного технологического интервала

$$t_{\Gamma}^{\max} = \frac{1440 - T_{\text{пост}}^{\Gamma}}{N_{\text{рф}}}, \quad (3.1)$$

где  $T_{\text{пост}}^{\Gamma}$  – перерывы в использовании горки для профилактического осмотра и ремонта пути и технических средств, мин; можно принимать  $T_{\text{пост}}^{\Gamma} = 60 \dots 90$  мин;  $N_{\text{рф}}$  – расчетное число расформировываемых с горки составов (приложение Е задания на курсовой проект).

Для дальнейших расчетов следует оставить только конкурентоспособные варианты, для которых значения горочных технологических вариантов (см. таблицу 2.7) соответствуют условию

$$t_{\Gamma} \leq t_{\Gamma}^{\max}. \quad (3.2)$$

На технологический интервал вытяжных путей также накладыва-ется аналогичное ограничение

$$I_{\text{в}} \leq I_{\text{в}}^{\text{max}} = \frac{1440 - T_{\text{пост}}^{\text{в}}}{N_{\text{ф}}}, \quad (3.3)$$

где  $T_{\text{пост}}^{\text{в}}$  – время занятия вытяжных путей операциями, не связанными с окончанием формирования, мин; можно принять в курсовом проекте  $T_{\text{пост}}^{\text{в}} = 60$  мин;  $N_{\text{ф}}$  – расчетный объем по формированию поездов (см. таблицу 1.5).

На разработанном графе конкурентных по условиям (3.2) и (3.3) вариантов у соответствующих вершин показывают значения технологических параметров: на первой оси –  $t_{\text{оф}}^{\Gamma}$  и  $T_{\text{оф}}^{\text{в}}$  по вариантам, на третьей –  $t_{\Gamma}$ , на четвертой –  $I_{\text{в}}$  (см. рисунок 3.1). Кроме того, каждая вершина имеет свой идентификационный номер, который обозначает: для первой оси – номер варианта распределения сортировочной работы между горкой и вытяжкой (см. таблицу 2.5), для второй – состояние горки (см. таблицу 2.7), для третьей – число горочных локомотивов, для четвертой – число локомотивов на вытяжных путях. Например, 2323: 2 – второй вариант распределения маневровой работы по формированию поездов между горкой и вытяжными путями; 3 – однопутная горка с двумя путями надвига; 2 – два маневровых горочных локомотива; 3 – три маневровых локомотива на вытяжных путях.

### 3.2 Варианты развития инфраструктуры горки и определение укрупненных затрат на переустройство

Для проведения технико-экономического сравнения вариантов оснащения и технологии работы станции требуется предварительно рассчитать стоимость переустройства сортировочной горки из исходного состояния (однопутная горка) в предлагаемые варианты (см. рисунок 2.7) развития:

- однопутную горку с объездным путем;
- однопутную горку с двумя путями надвига;
- двухпутную горку.

Капитальные затраты на переустройство путевого развития горки рассчитывается по укрупненным затратам на строительство по формуле

$$K_j = L_{\text{рек}j} a_{\text{км}j}, \quad (3.4)$$

где  $L_{рекj}$  – длина участка реконструируемой части сортировочной горки, км; устанавливается по схеме станции (см. приложение А задания на курсовой проект);  $a_{кмj}$  – укрупненные затраты на укладку 1 км соответствующего части сортировочной горки, д. е. (см. приложение А задания на курсовой проект).

Годовые затраты на содержание вновь укладываемой части сортировочной горки рассчитываются по формуле

$$\mathcal{E}_j = L_{рекj} e_{кмj}, \quad (3.5)$$

где  $e_{кмj}$  – укрупненная расходная ставка на содержание 1 км реконструируемой части пути (см. приложение А задания на курсовой проект).

Приведенные затраты реконструкции путевого развития сортировочной горки рассчитываются по формуле

$$E_j = \frac{K_j}{T_{окj}} + \mathcal{E}_j. \quad (3.6)$$

Рассчитанные значения затрат используются при сравнении вариантов технологии и технического оснащения станции.

### **3.3 Технико-экономическое сравнение вариантов и выбор оптимального**

Распределение сортировочной работы между горкой и вытяжными путями связано с рядом эксплуатационных условий. Так, передача маневровой работы по окончании формирования поездов с вытяжек на горку эффективна, если на горке есть резервы перерабатывающей способности. При этом коэффициент загрузки вытяжных путей уменьшается, сокращается простой накопившихся составов в ожидании окончания формирования, они быстрее поступают в парк отправления, раньше освобождая пути сортировочного парка. Таким образом, имеет место экономия от уменьшения вагоно-часов простоя вагонов, возможного сокращения количества маневровых локомотивов и снижения потребности в путях СП (СОП).

Однако при передаче маневровой работы по окончании формирования на горку возникают эксплуатационные потери. Поскольку на горке объем маневровой работы возрастает, увеличиваются горочный



технологический интервал и коэффициент загрузки горки. Следствием этого будет рост простоя составов прибывших поездов в ожидании расформирования, а накопившихся составов поездов – формирования, выше потребность в горочных локомотивах и путях парка прибытия.

Оценка этих эксплуатационных факторов позволяет рассчитать экономические потери от перераспределения работы. Целесообразность передачи сортировочной работы с вытяжек на горку определяется условием: экономия, полученная в подсистеме «Г-СП-ВФ», должна быть больше потерь, допущенных в подсистеме «ВхУ-ПП-Г». Если соотношение между потерями и экономией иное, работу по окончанию формирования в таком объеме передавать на горку невыгодно.

Экономия и потери меняются местами, если работа по окончанию формирования передается с горки на вытяжные пути. Здесь, наоборот, ускоряется процесс роспуска составов, снижается потребность в путях ПП (ПОП), горочных локомотивах, но возрастают простои составов в ожидании окончания формирования и перестановки, увеличивается потребность в маневровых локомотивах вытяжных путях и путях СП (СОП) для стоянки накопившихся составов.

Таким образом, задача оптимизации распределения сортировочной работы между горкой и вытяжками имеет технико-экономический характер. При этом в зависимости от целей расчета (подразд. 3.1) оценке подлежат различное количество факторов. Наиболее полный их набор применяется при оптимизации распределения работы, технического оснащения и путевого развития. В этом случае учитываются затраты на простои вагонов, содержание локомотивов, реконструкцию и автоматизацию горки, укладку дополнительных путей, а также затраты на содержание вновь введенных устройств.

Если же решается более узкая задача – оптимизация взаимодействия сортировочных устройств и числа локомотивов, оценке подлежат лишь затраты на простои вагонов и содержание маневровых локомотивов. Путевое развитие остается постоянным в каждом варианте и используется для оценки приемлемости, конкурентоспособности варианта. Вариант будет конкурентоспособным, если определенное расчетом потребное путевое развитие не превышает имеющегося в наличии на станции. В противном случае вариант отбрасывается как не соответствующий условиям задачи.

При выборе наилучшего распределения сортировочной работы без изменения технического оснащения и путевого развития станции в целевую функцию включаются лишь затраты на простои вагонов. Число маневровых локомотивов, как и путевое развитие, являются техническими факторами, которые влияют на оценку варианта.

Следовательно, при решении задач оптимизации распределения сортировочной работы в любой ее постановке требуется определить простои вагонов по варианту, число маневровых локомотивов, потребное путевое развитие в подсистемах «ВхУ-ПП-Г» и «Г-СП-ВФ».

Эти факторы в зависимости от целей расчета подлежат либо экономической оценке, либо выступают в качестве критериев конкурентоспособности варианта. Затраты на реконструкцию и автоматизацию горки включаются в целевую функцию, если по условиям задачи такие меры усиления пропускной и перерабатывающей способности станции предусматриваются.

Сравнение вариантов распределения сортировочной работы между горкой и вытяжками можно производить на основе сопоставления расходов, приведенных к одному году. Тогда целевая функция будет иметь вид

$$Ц = 365[(B_{пп} + B_{сп})e_{в-ч} + Me_{л-с}] + \frac{\sum K}{T_{ок}} + \sum \mathcal{E} + \sum E_{обсл}, \quad (3.7)$$

где  $e_{в-ч}$  – стоимость 1 вагоно-часа, д. е. (см. приложение П задания на курсовой проект);  $e_{л-с}$  – стоимость локомотиво-суток, д. е. (см. приложение П задания на курсовой проект);  $M$  – число маневровых локомотивов на горке ( $M_{г}$ ) и вытяжных путях ( $M_{в}$ ) по варианту;  $M = M_{г} + M_{в}$ ;  $\sum K$  – суммарные капитальные затраты по варианту на реконструкцию и автоматизацию горки, путевое развитие в ПП (ПОП) и СП (СОП), укладку дополнительных вытяжных путей и т. д., д. е.;  $T_{ок}$  – нормативный срок окупаемости капитальных вложений, год;  $\sum \mathcal{E}$  – годовые эксплуатационные расходы по содержанию всех новых обустройств, д. е.;  $\sum E_{обсл}$  – приведенные затраты по каналам ПТО, ПКО, СТЦ, д. е.; если во всех вариантах мощность указанных каналов остается постоянной, можно в расчетах принимать  $\sum E_{обсл} = 0$ .

Вагоно-часы простоя за сутки определяются по каждому варианту: в подсистеме «ВхУ-ПП-Г»

$$B_{пп} = t_{пп}^{сп} n_{рф}; \quad (3.8)$$

в подсистеме «Г–СП–ВФ»

$$B_{\text{сп}} = t_{\text{сп}}^{\text{сп}} n_{\text{оф}}, \quad (3.9)$$

где  $t_{\text{сп}}^{\text{сп}}$ ,  $t_{\text{сп}}^{\text{сп}}$  – средний простой одного вагона соответственно в подсистеме «ВхУ–ПП–Г» и «Г–СП–ВФ», ч;  $n_{\text{рф}}$ ,  $n_{\text{оф}}$  – количество вагонов, обработанных соответственно в подсистемах «ВхУ–ПП–Г» и «Г–СП–ВФ» за сутки.

Средний простой в подсистеме можно определить по формуле

$$t_i^{\text{сп}} = at_{\text{max}} + bt_{\text{min}} = a[(rT_k + 3\sigma_k - 1)I - T_k + t_{\text{техн}}] + bt_{\text{техн}}, \quad (3.10)$$

где  $t_{\text{max}}$ ,  $t_{\text{min}}$  – максимальный и минимальный простои составов в подсистеме, ч;  $a$ ,  $b$  – коэффициенты, значения которых можно принимать равными соответственно 0,3 и 0,7;  $r$  – среднечасовая интенсивность потока поступающих в подсистему поездов (составов), поездов/ч; значения среднечасовой интенсивности определяются как

$$r_{\text{рф}} = \frac{N_{\text{рф}}}{24}, \quad r_{\text{ф}} = \frac{N_{\text{ф}}}{24}; \quad (3.11)$$

параметры  $N_{\text{рф}}$  и  $N_{\text{ф}}$  устанавливаются в приложении задания на курсовой проект и таблице 1.5;  $I$  – технологический интервал обслуживания поездов (составов) в подсистеме, ч; для подсистемы «ВхУ–ПП–Г»  $I = t_{\text{г}}$ , для подсистемы «Г–СП–ВФ»  $I = I_{\text{в}}$ ;  $T_k$  – расчетный период, в течение которого простои в подсистеме достигают максимального значения, ч;  $\sigma_k$  – среднее квадратическое отклонение числа поездов за период  $T_k$ , поезд;  $t_{\text{техн}}$  – технологический (минимальный) простой составов в подсистеме, ч; для парка приема его можно рассчитать на основе разработки технологического графика обработки составов поездов [2] или задается преподавателем (приложение задания),  $t_{\text{техн}} = t_{\text{сп}}^{\text{б}}$ ; для сортировочного парка –  $t_{\text{техн}} = t_{\text{оф}}^{\text{б}}$  по варианту.

Параметры  $T_k$  и  $\sigma_k$  находят из таблиц приложения В в зависимости от суточного объема работы и коэффициента загрузки выходного канала подсистемы:

для горки:  $\gamma_{\text{г}} = r_{\text{рф}} t_{\text{г}}$ ;

для вытяжек:  $\gamma_{\text{в}} = r_{\text{ф}} I_{\text{в}}$ .

**Пример 3.1.** Определим среднее время нахождения составов в подсистемах «ВхУ–ПП–Г» и «Г–СП–ВФ» по варианту 4422 (рисунок 3.1).

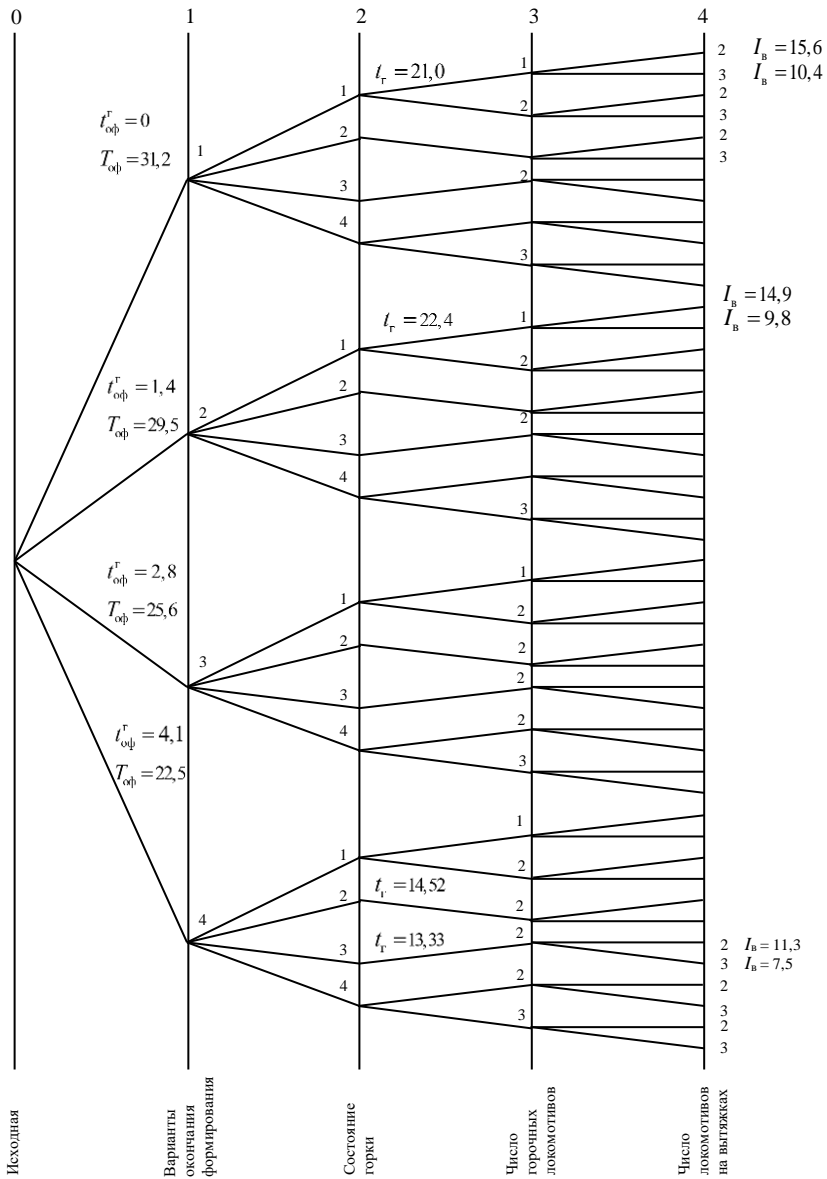


Рисунок 3.1 – Граф вариантов технологии и технического оснащения станции

### Решение

Приняв для упрощения число расформировываемых и формируемых составов одинаковым и равным 71,1 составов, найдем:

– среднечасовую интенсивность

$$r = \frac{71,1}{24} = 2,96 \text{ поездов/ч;}$$

– коэффициенты загрузки:

$$\gamma_{\Gamma} = 2,96 \cdot \frac{14,5}{60} = 0,715; \gamma_{\text{В}} = 2,96 \cdot \frac{11,3}{60} = 0,557.$$

Тогда из таблицы приложения В после соответствующей интерполяции  $T_k^{\text{III}} = 2,44$  ч;  $\sigma_k^{\text{III}} = 2,25$  поездов;  $T_k^{\text{СП}} = 0,85$  ч;  $\sigma_k^{\text{СП}} = 1,40$  поездов.

Подставляем эти значения в формулу (3.10):

$$t_{\text{III}}^{\text{СП}} = 0,3[(2,96 \cdot 2,44 + 3 \cdot 2,25 - 1) \cdot 0,24 - 2,44 + 0,25] + 0,7 \cdot 0,25 = 0,45 \text{ ч;}$$

$$t_{\text{III}}^{\text{СП}} = 0,3[(2,96 \cdot 0,85 + 3 \cdot 1,40 - 1) \cdot 0,188 - 0,85 + 0,1] + 0,7 \cdot 0,1 = 0,167 \text{ ч.}$$

Вагоно-часы простоя за сутки в подсистемах по варианту 4422:

$$V_{\text{III}} = 0,45 \cdot 4164 = 1873,8 \text{ ваг} \cdot \text{ч;}$$

$$V_{\text{СП}} = 0,167 \cdot 4164 = 695,4 \text{ ваг} \cdot \text{ч.}$$

При сравнении вариантов технологии и технического оснащения станции необходимо учитывать дополнительное путевое развитие по сравнению с существующим на станции. Потребное число путей в парках приема (или путей приема в приемо-отправочном парке) и сортировочном находят по формулам:

$$П_{\text{III}} = rT_k^{\text{III}} + 3\sigma_k^{\text{III}} - 1 - \frac{T_k^{\text{III}}}{t_{\Gamma}} + rT_{\text{зп}} + П_{\text{д}}; \quad (3.12)$$

$$П_{\text{СП}} = П_{\text{н}} + rT_k^{\text{СП}} + 3\sigma_k^{\text{СП}} - 1 - \frac{T_k^{\text{СП}}}{I_{\text{В}}} + П_{\text{м}} + П_{\text{спец}}, \quad (3.13)$$

где  $T_{\text{зп}}$  – технологическое время занятия пути ПП от момента начала приготовления маршрута до полного освобождения пути после надвига:

– для станции с последовательным расположением ПП и СП (СОП)

$$T_{\text{зп}} = t_{\text{III}} + t_{\text{н}} + t_{\text{р}},$$

– для станции с параллельным расположением ПОП и СП

$$T_{\text{зп}} = t_{\text{III}} + t_{\text{В}};$$

$П_{\text{д}}$  – дополнительное число путей,

$$П_{\text{д}} = f - 1 + П_{\text{х}}, \quad (3.14)$$

$f$  – число подходов к ПП (ПОП) с размерами движения свыше 15 поездов в сутки;  $P_x$  – число ходовых путей в ПП (ПОП);  $P_n$  – потребное число путей для накопления вагонов; для одnogруппных и сборных назначений принимается по одному пути, для двухгруппных – по два, для трехгруппных – по три;  $P_m$  – число путей для местных назначений (в проекте грузовой двор и подъездной путь завода);  $P_{\text{спец}}$  – число путей для специальных целей (ремонта вагонов, постановки вагонов с негабаритными и опасными грузами, перегруза вагонов, устранения коммерческих операций, таможенного досмотра и т. д.).

**Пример 3.2.** Расчет потребного числа путей в парках для варианта 4422.

*Решение.*

$$P_{\text{пп}} = 2,96 \cdot 2,44 + 3 \cdot 2,25 - 1 - \frac{2,44}{0,24} + 2,96 \cdot 0,5 + 3 = 8 \text{ путей};$$

$$P_{\text{сп}} = 17 + 2,96 \cdot 0,85 + 3 \cdot 1,40 - 1 - \frac{0,85}{0,188} + 2 + 5 = 25 \text{ путей}.$$

Допустим, что фактически в ПП имеется 7 путей, в СП – 23. Следовательно, дополнительно для реализации варианта необходимо уложить в ПП –  $\Delta P_{\text{пп}} = 1$  путь, в СП –  $\Delta P_{\text{сп}} = 2$  пути.

Определим значение целевой функции для варианта 4422, если стоимость 1 вагоно-часа  $e_{\text{в.ч}} = 0,4$  д. е., локомотиво-суток –  $e_{\text{л.с}} = 24 \cdot 8,0 = 192$  д. е., затраты на реконструкцию горки из однопутной в двухпутную –  $K_{\text{дв}} = 450$  тыс. д. е., стоимость содержания всех новых обустройств на горке –  $\Theta_{\text{дв}} = 15$  тыс. д. е. в год, стоимость укладки пути в ПП –  $K_{\text{пп}} = 210$  тыс. д. е., в СП –  $K_{\text{сп}} = 190$  тыс. д. е., расходы по содержанию нового пути в ПП –  $\Theta_{\text{пп}} = 5$  тыс. д. е. в год, в СП –  $\Theta_{\text{сп}} = 4$  тыс. д. е. в год,  $T_{\text{ок}} = 10$  лет, технология и техническое оснащение каналов ПТО, ПКО, СТЦ не изменяется по вариантам:

$$Ц = 365[(1873,8 + 695,4) \cdot 0,4 + 4 \cdot 192] + \frac{(450+210+2 \cdot 190) \cdot 10^3}{10} + (15 + 5 + 2 \cdot 4) \cdot 10^3 = 787,4 \text{ тыс. руб. в год.}$$

В проекте представляется подробный расчет по одному из вариантов, который задает преподаватель или по варианту, который принимается для организации эксплуатационной работы станции.

Технико-экономическое сравнение всех разработанных вариантов и выбор оптимального производят по результатам расчетов, выполненных с использованием программного обеспечения «ОРТИМА». В приложении Б приведена инструкция пользователю для выполнения расчетов с помощью программы «ОРТИМА».

При реализации программы результаты печатаются в виде таблицы, в которой содержатся значения коэффициентов загрузки сортировочных устройств, времени  $T_k$  и среднего квадратического отклонения  $\sigma_k$ , составо-часов простоя и потребного дополнительного числа путей в подсистемах «ВхУ–ПП–Г» и «Г–СП–ВФ», а также расходы на содержание локомотивов, простои вагонов, реконструкцию горки, укладку дополнительных путей и суммарные приведенные годовые расходы. При этом затраты на реконструкцию горки и содержание новых устройств берутся из исходных данных, где они представлены в виде приведенных расходов.

Выбор оптимальной технологии и технической оснащенности производится на основе результатов технико-экономического расчета по вариантам. Для этого вначале надо проанализировать результаты расчетов по всем вариантам и выбрать 3–4 из них, в которых суммарные приведенные расходы минимальны. Среди этих вариантов находится наилучший. Он должен отвечать не только наименьшим расходам, но и быть прогрессивным в части технического и технологического оснащения станции. После выбора оптимального варианта необходимо привести его подробную техническую и технологическую характеристики, а именно: сколько локомотивов работают на горке и вытяжках, значения параметров  $t_T$  и  $I_B$ , какова схема горки после переустройства, сколько путей требуется уложить в ПП (ПОП) и СП (СОП), по каким схемам формируются составы поездов разных категорий, какие затраты времени на это требуются и т. д.

### **3.4 Расчет числа бригад ПТО, ПКО и СТЦ по выбранному варианту технологии**

Составы поездов по прибытию и отправлению обрабатываются бригадами ПТО и ПКО, а комплект перевозочных документов – работниками СТЦ. Кроме того, могут участвовать в обработке, проверке, контроле составов поездов (вагонов, груза) работники иных подразделений – пограничного контроля, таможни, фитосанитарной службы и др. В проекте рассматривается вопрос расчета бригад по трем подразделениям (ПТО, ПКО и СТЦ). Принципы расчета по другим подразделениям аналогичны.

Бригады ПТО, ПКО, работники СТЦ могут рассматриваться как канал обслуживания. В связи с интенсивным и неравномерным поступлением поездов в течение суток возникают простои составов в ожидании обработки. Эти простои могут возникать и в связи с

недостаточной численностью и производительностью работы бригад ПТО (ПКО), работников СТС. Технологическое время обслуживания состава изменяется в некотором диапазоне значений по многим причинам, в том числе в зависимости от величины составов прибывающих поездов.

Время обработки одного состава одной бригадой ПТО (ПКО) не должно превышать технологический норматив времени, установленный на обработку составов поездов в парке с учетом времени выполнения подготовительно-заключительных операций, связанных с обработкой:

$$t_{\text{пто(пко)}}^{\text{пп}} = t_{\text{пп}}^{\text{н}} - (t_{\text{закр}} + t_{\text{уб}}^{\text{п.л}} + t_{\text{огр}}) - (t_{\text{сн.огр}} + t_3^{\text{м.л}} + t_{\text{сн.з}}); \quad (3.15)$$

$$t_{\text{пто(пко)}}^{\text{по}} = t_{\text{по}}^{\text{н}} - (t_{\text{закр}} + t_{\text{уб}}^{\text{м.л}} + t_{\text{огр}}) - (t_{\text{сн.огр}} + t_3^{\text{п.л}} + t_{\text{сн.з}}), \quad (3.16)$$

где  $t_{\text{пп}}^{\text{н}}$ ,  $t_{\text{по}}^{\text{н}}$  – нормативы времени на обработку состава соответственно в парке прибытия (путях приема приемо-отправочного парка) и парке отправления (путях отправления приемо-отправочного парка), мин, (задается руководителем, приложение задания);  $t_{\text{закр}}$ ,  $t_{\text{сн.з}}$  – затраты времени на выполнение операций соответственно по закреплению состава и снятию средств закрепления, мин;  $t_{\text{уб}}^{\text{п.л}}$ ,  $t_{\text{уб}}^{\text{м.л}}$  – затраты времени на выполнение маневровых операций соответственно по уборке поездного локомотива от прибывшего состава поезда и уборке маневрового локомотива от состава поезда, переставленного в ПО (ПОП), мин;  $t_{\text{огр}}$ ,  $t_{\text{сн.огр}}$  – затраты времени на выполнение операций соответственно ограждения состава для выполнения операций обработки и снятия ограждения после обработки состава, мин; можно принять  $t_{\text{огр}} = t_{\text{сн.огр}} = 1$  мин;  $t_3^{\text{м.л}}$ ,  $t_3^{\text{п.л}}$  – затраты времени на выполнение маневровых операций соответственно заезда маневрового локомотива под состав поезда для расформирования и поездного локомотива под состав отправляемого со станции поезда, мин.

Тогда число бригад ПТО (ПКО), занятых обработкой составов по прибытию в расформирование,

$$K_{\text{пто(пко)}}^{\text{пп}} = \frac{I_{\text{пто(пко)}}^{\text{пп}}}{I_{\text{пто(пко)}}^{\text{пп}}}, \quad (3.17)$$

где  $I_{\text{пто(пко)}}^{\text{пп}}$  – средний интервал обработки составов, прибывших в расформирование, бригадами ПТО (ПКО), мин; значение  $I_{\text{пто(пко)}}^{\text{пп}}$  не должно превышать значение горочного технологического интервала по выбранному варианту технологии:  $I_{\text{пто(пко)}}^{\text{пп}} \leq t_{\text{г}}$ .



Соответственно число бригад ПТО (ПКО), занятых обработкой составов своего формирования по отправлению,

$$K_{\text{ПТО(пко)}}^{\text{по}} = \frac{t_{\text{ПТО(пко)}}^{\text{по}}}{I_{\text{ПТО(пко)}}^{\text{по}}}, \quad (3.18)$$

где  $I_{\text{ПТО(пко)}}^{\text{пп}}$  – средний интервал обработки составов своего формирования по отправлению бригадами ПТО (ПКО), мин; значение  $I_{\text{ПТО(пко)}}^{\text{пп}}$  не должно превышать значение среднего интервала отправления поездов по ниткам, заложенных для грузовых поездов в графике движения поездов (ГДП) интервала:  $I_{\text{ПТО(пко)}}^{\text{по}} \leq I_o$ ,

$$I_o = \frac{I_{\text{min}} + 1440/N_{\text{сф}}^{\text{ГДП}}}{2}, \quad (3.19)$$

где  $I_{\text{min}}$  – минимальное значение межпоездного интервала, установленного ГДП; в проекте принимается 8 мин;  $N_{\text{сф}}^{\text{ГДП}}$  – число ниток графика, заложенных для отправления грузовых поездов своего формирования со станции (приложение Ж задания на курсовой проект).

Полученные значения количества бригад округляются в большую сторону до ближайшего целого числа.

**Пример 3.3.** Рассчитать число бригад ПТО (ПКО) на станции, если  $t_{\text{пп}}^{\text{н}} = 40$  мин;  $t_{\text{по}}^{\text{н}} = 60$  мин.

*Решение.*

По оптимальному варианту установлено, что  $t_r = 15,8$  мин. В ГДП установлено 100 ниток графика для отправления грузовых поездов.

Тогда  $I_o = \frac{8 + 1440/100}{2} = 11,2$  мин.

Исходя из расчетов установлены следующие исходные данные:

$t_{\text{закр}} = t_{\text{сн.з}} = 2$  мин;  $t_{\text{уб}}^{\text{п.л}} = 3$  мин;  $t_{\text{уб}}^{\text{м.л}} = 2$  мин;  $t_{\text{огр}} = t_{\text{сн.огр}} = 1$  мин;  $t_3^{\text{м.л}} = 1$  мин;  $t_3^{\text{п.л}} = 2$  мин.

Тогда,

$$t_{\text{ПТО(пко)}}^{\text{пп}} = 40 - (2 + 3 + 1) - (1 + 1 + 2) = 30 \text{ мин};$$

$$t_{\text{ПТО(пко)}}^{\text{по}} = 60 - (2 + 2 + 1) - (1 + 2 + 2) = 50 \text{ мин};$$

$$K_{\text{ПТО(пко)}}^{\text{пп}} = \frac{30}{15,8} = 1,9 = 2 \text{ бригады};$$

$$K_{\text{ПТО(пко)}}^{\text{по}} = \frac{50}{11,2} = 4,5 = 5 \text{ бригад}.$$

Время обработки комплекта перевозочных документов (КПД) оператором СТЦ (ПКО) не должно превышать технологический норматив времени, установленный на обработку составов поездов в парке с учетом времени выполнения подготовительно-заключительных операций, связанных с обработкой КПД:

$$t_{\text{СТЦ}}^{\text{пп}} = t_{\text{пп}}^{\text{н}} - t_{\text{дост}}^{\text{пп}} - t_{\text{кор}}^{\text{энл}} - t_{\text{пл.р}}; \quad (3.20)$$

$$t_{\text{СТЦ}}^{\text{по}} = t_{\text{по}}^{\text{н}} - t_{\text{кор}}^{\text{энл}} - t_{\text{дост}}^{\text{по}} - t_{\text{вр}}^{\text{тчм}}, \quad (3.21)$$

где  $t_{\text{дост}}^{\text{пп}}$  – затраты времени доставку документов в СТЦ от прибывающих поездов на станцию, мин;  $t_{\text{кор}}^{\text{энл}}$  – корректировка электронного натурального листа на состав поезда по прибытию или по отправлению, мин;  $t_{\text{пл.р}}$  – затраты времени на корректировку сортировочного листа и планирование отпуска состава, мин;  $t_{\text{дост}}^{\text{по}}$  – затраты времени на доставку документов с СТЦ в ПО (ПОП, СОП), мин;  $t_{\text{вр}}^{\text{тчм}}$  – затраты времени на вручение работником станции (ДСПП) документов машинисту, мин.

**Пример 3.4.** Рассчитать число работников СТЦ на станции, если  $t_{\text{дост}}^{\text{пп}} = 4$  мин;  $t_{\text{кор.пп}}^{\text{энл}} = 5$  мин;  $t_{\text{кор.по}}^{\text{энл}} = 8$  мин;  $t_{\text{пл.р}} = 3$  мин;  $t_{\text{дост}}^{\text{по}} = 6$  мин;  $t_{\text{вр}}^{\text{тчм}} = 3$  мин.

*Решение.*

$$t_{\text{СТЦ}}^{\text{пп}} = 40 - (4 + 5 + 3) = 28 \text{ мин};$$

$$t_{\text{ПТО(ПКО)}}^{\text{по}} = 60 - (8 + 6 + 3) = 43 \text{ мин};$$

$$K_{\text{СТЦ}}^{\text{пп}} = \frac{28}{15,8} = 1,8 = 2 \text{ работника};$$

$$K_{\text{СТЦ}}^{\text{по}} = \frac{43}{11,2} = 3,8 = 4 \text{ работника}.$$

## 4 ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МЕСТАМИ ОБЩЕГО И НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НА СТАНЦИИ

### 4.1 Расчет оптимального числа подач-уборок вагонов на места общего и необщего пользования

Расчет числа подач-уборок местных вагонов производится для грузовых пунктов МОП (грузовой двор) и МНО (подъездной путь предприятия: завод) станции на основе суточных объемов работы (см. таблицу 1.2) и параметров, характеризующих технико-эксплуатационные условия, технологию работы станции и расходы, приходящиеся на один вагонно-час и локомотиво-час.

Исходя из условия технико-экономической эффективности, оптимальное число подач-уборок рассчитывается по формуле

$$X_{\text{пу}}^{\text{э}} = \sqrt{\frac{n_{\text{м}} e_{\text{в-ч}} (c_{\text{м}} + 24 + B n_{\text{м}})}{A e_{\text{л-ч}}}}, \quad (4.1)$$

где  $n_{\text{м}}$  – суточный вагонопоток, перерабатываемый на грузовом пункте МОП или МНО (см. таблицу 1.2);  $e_{\text{в-ч}}$  – стоимость вагоно-часа, д. е. (приложение П задания на курсовой проект);  $c_{\text{м}}$  – параметр накопления вагонов на подачу на МОП или МНО, ч; принимается  $c_{\text{м}} = 10 \dots 12$  ч; А, В – коэффициенты, характеризующие трудоемкость маневровой работы при выполнении операций подачи и уборки вагонов (приложение П задания на курсовой проект);  $e_{\text{л-ч}}$  – стоимость локомотиво-часа, д. е. (приложение П задания на курсовой проект).

Полученное значение подач-уборок необходимо проверить по двум условиям: по длине грузовых фронтов мест общего и необщего пользования; по продолжительности выполнения грузовой операции.

Число подач в зависимости от имеющейся длины грузового фронта МОП или МНО  $L_{\text{фр}}$  (приложение И задания на курсовой проект) рассчитывается по формуле

$$X_{\text{пу}}^L \geq \frac{n_{\text{м}} l_{\text{в}}}{L_{\text{фр}}}. \quad (4.2)$$

Число подач-уборок в зависимости от заданной продолжительности грузовой операции с группой местных вагонов  $T_{гр}$  рассчитывается по формуле

$$X_{пу}^T \leq \frac{24}{T_{гр}}. \quad (4.3)$$

Производится сопоставление рассчитанных значений  $\{X_{пу}^э; X_{пу}^L; X_{пу}^T\}$ . Если соблюдается условие:

$$\{X_{пу}^L \geq X_{пу}^э \leq X_{пу}^T\}, \quad (4.4)$$

то для реализации технологии обслуживания местных пунктов принимается  $X_{пу}^э$ . Если условие (4.4) не соблюдается, то в зависимости от соотношения расчетных значений числа подач принимаются различные организационные технические решения, связанные с обеспечением числа подач-уборок  $X_{пу}^э$ : увеличение длины грузового фронта до требуемого значения; интенсификация выполнения грузовой работы за счет увеличения производительности погрузо-разгрузочных механизмов или принятие числа подач близкого к оптимальному по одному из проверочных условий, но не требующих затрат на техническую модернизацию МОП или МНО. Расчет потребных в этом случае инвестиций в проведение данных мероприятий в курсовом проекте не проводится.

## 4.2 Нормирование времени на подачу и уборку вагонов

Затраты времени на подачу и уборку вагонов рассчитываются для моделирования технологических операций по обслуживанию грузовых пунктов МОП (грузового двора), МНО (подъездных путей предприятия) и определения потребного количества локомотивов местной работы.

Нормы времени на подачу-уборку могут рассчитываться двумя способами: по укрупненным значениям; нормированием каждого элемента времени на подачу-уборку.

В курсовом проекте затраты времени на подачу-уборку нормируются по элементам:

$$T_{пу} = t_{подб}^п + t_{под}^{гп} + t_{сб}^{гп} + t_{расст}^{гп} + t_{уб}^{гп} + t_{подф}^{сп}, \quad (4.5)$$

где  $t_{\text{подб}}^{\text{п}}$  – затраты времени на подборку вагонов в подачу на грузовой пункт, мин;  $t_{\text{под}}^{\text{п}}$ ,  $t_{\text{уб}}^{\text{п}}$  – затраты времени соответственно на подачу или уборку вагонов на грузовой пункт, мин;  $t_{\text{сб}}^{\text{п}}$ ,  $t_{\text{расст}}^{\text{п}}$  – затраты времени соответственно на сборку и расстановку вагонов по грузовым фронтам МОП или МНО, мин;  $t_{\text{подф}}^{\text{сп}}$  – затраты времени на подформирование местных вагонов после выполнения грузовых операций по путям назначения в сортировочном парке, мин.

Расчеты производятся отдельно для грузового двора и подъездного пути предприятия.

Время на подачу-уборку вагонов рассчитывается исходя из длин полурейсов, входящих в маршрут передвижения от СП (СОП) до МОП или МНО с использованием формул (2.20)–(2.22). На рисунках 1.2 и 1.3 приведены технологические линии пропуска местного вагонопотока, а на рисунке 4.1 полурейсы подачи-уборки вагонов на грузовые пункты станции.

Операция подборки вагонов в подаче производится с использованием сортировочных устройств (горки или вытяжки) и свободной части потребного числа путей СП (СОП). Затраты времени на подборку вагонов в подаче на грузовой пункт рассчитывается по формуле

$$t_{\text{подб}}^{\text{п}} = t_{\text{с}}^{\text{п}} + t_{\text{сб}}^{\text{п}}, \quad (4.6)$$

где  $t_{\text{с}}^{\text{п}}$  – затраты времени на сортировку вагонов, накопившихся в сортировочном парке на подачу на местный пункт, мин;  $t_{\text{сб}}^{\text{п}}$  – время на сборку вагонов в подачу с путей сортировочного парка, мин.

При использовании для сортировки накопившихся вагонов вытяжных путей затраты времени нормируются по формуле

$$t_{\text{с}}^{\text{п}} = A g_{\text{о}}^{\text{п}} + B m_{\text{под}}, \quad (4.7)$$

где А, В – нормативные коэффициенты, зависящие от уклона вытяжки в сторону парка, силы тяги локомотива, характеристики маневровой работы [6];  $g_{\text{о}}^{\text{п}}$  – число отцепов в подаче,

$$g_{\text{о}}^{\text{п}} = \frac{m_{\text{под}}}{m_{\text{отц}}}, \quad (4.8)$$

$m_{\text{отц}}$  – число вагонов в одном отцепе (принимается  $m_{\text{отц}} = 1 \dots 3$  вагона);  $m_{\text{под}}$  – количество вагонов в одной подаче,

$$m_{\text{под}} = \frac{n_{\text{М}}}{X_{\text{пу}}}. \quad (4.9)$$

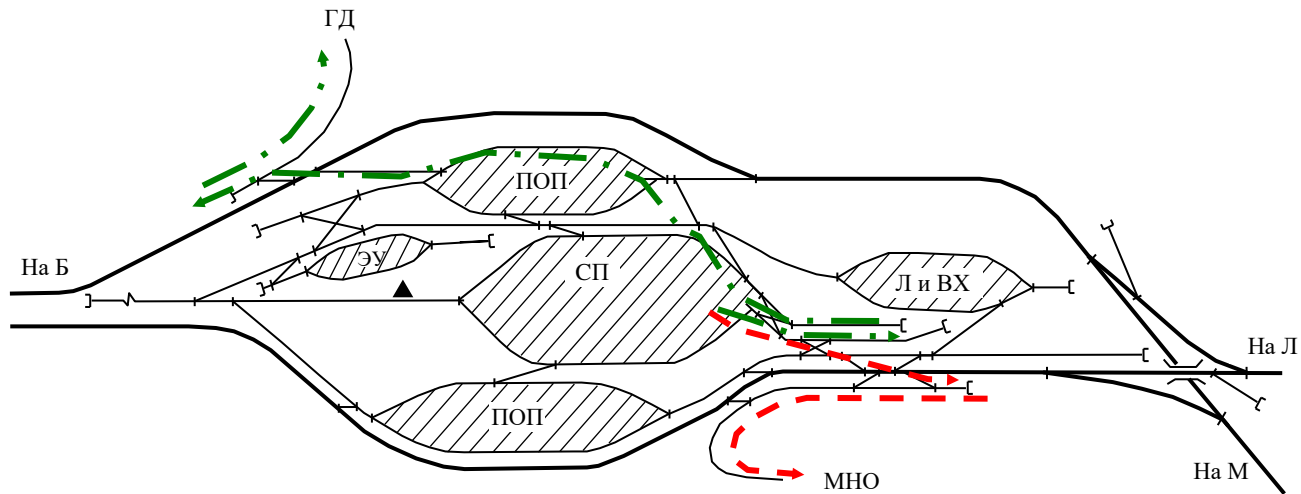


Рисунок 4.1 – Схемы полурейсов подачи-уборки вагонов на грузовые пункты

Число  $n_m$  устанавливается для грузового пункта по таблицам 1.2, 1.4.

Время на сборку вагонов с путей сортировочного парка рассчитывается по формуле

$$t_{сб}^{гп} = 1,8p + 0,3m_{под}, \quad (4.10)$$

где  $p$  – количество путей, с которых переставляются вагоны на путь сборки подачи,  $p = k_{гф} - 1$ ;  $k_{гф}$  – количество грузовых фронтов, на которые подбираются группы вагонов на МОП или МНО.

Затраты времени на сборку вагонов с путей после выполнения грузовых операций на местном пункте рассчитываются по формуле (4.10).

Время на расстановку поданных вагонов по грузовым фронтам на МОП или МНО рассчитывается по формуле

$$t_{расст}^{гп} = 6,6 + 0,15m_{под}. \quad (4.11)$$

Подформирование местных вагонов по назначениям плана формирования их дальнейшего следования обычно производится с использованием вытяжных путей методами осаживания или изолированных толчков. В этом случае время на подформирование группы вагонов в сортировочном парке рассчитывается по формуле (4.7).

**Пример 4.1.** Рассчитать затраты времени на выполнение технологических операций по подаче-уборке вагонов на грузовые пункты станции (схема 3, вариант примыкания 3), если  $n_m^{гд} = 109$  вагонов;  $X_{пу}^{гд} = 9$  подач;  $n_m^3 = 114$  вагонов;  $X_{пу}^3 = 8$  подач.

*Решение.*

Результаты расчета сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Расчет норм на выполнение технологических операций на подачу вагонов

Подача вагонов на грузовой двор	Подача вагонов на подъездной путь предприятия
Количество вагонов в подаче: $m_{под}^{гд} = \frac{109}{9} = 12$ вагонов.	Количество вагонов в подаче: $m_{под}^3 = \frac{114}{8} = 14$ вагонов.
Количество отцепов в подаче: $g_o^{п.гд} = \frac{12}{2} = 6$ отцепов.	Количество отцепов в подаче: $g_o^{п.3} = \frac{16}{2} = 8$ отцепов.
Затраты времени на сортировку вагонов: $t_c^{п.гд} = Ag_o^{п} + Bm_{под} = 0,41 \cdot 6 + 0,32 \times 12 = 6,3$ мин.	Затраты времени на сортировку вагонов: $t_c^{п.3} = Ag_o^{п} + Bm_{под} = 0,41 \cdot 8 + 0,32 \times 14 = 7,8$ мин

Подача вагонов на грузовой двор	Подача вагонов на подъездной путь предприятия
<p>Число путей:  <math>p = k_{\text{гф}} - 1 = 3 - 1 = 2</math> пути.</p> <p>Затраты времени на сборку вагонов на подачу:  <math>t_{\text{сб}}^{\text{п}} = 1,8 \cdot 2 + 0,3 \cdot 12 = 7,2</math> мин.</p> <p>Затраты времени на подборку вагонов на подачу:  <math>t_{\text{подб}}^{\text{п.гд}} = 6,3 + 7,2 = 13,5</math> мин.</p> <p>Длина первого полурейса с пути сортировочного парка на вытяжной путь СП:</p> $l_{\text{п/р1}}^{\text{д}} = l_{\text{в}} m_{\text{под}} + l_{\text{л}} + l_3 + l_4 = 14 \cdot 12 + 50 + 200 + 150 = 568 \text{ м.}$ <p>Длина второго полурейса с вытяжного пути СП на ГД:</p> $l_{\text{п/р2}}^{\text{гд}} = l_{\text{в}} m_{\text{под}} + l_{\text{л}} + l_4 + L_{\text{ГД}} = 14 \cdot 16 + 50 + 150 + 844 = 1268 \text{ м.}$ <p>Затраты времени на выполнение полурейсов:</p> $t_{\text{п/р1}} = (0,0407 + 0,0017 \cdot 12) \frac{25}{2} + 0,06 \frac{568}{25} = 2,1 \text{ мин;}$ $t_{\text{п/р2}} = (0,0407 + 0,0017 \cdot 16) \frac{40}{2} + 0,06 \frac{1268}{40} = 3,1 \text{ мин;}$ $t_{\text{под}}^{\text{д}} = t_{\text{сб}}^{\text{гд}} = t_{\text{п/р3}} + t_{\text{п/р3}} + t_{\text{пд}} = 2,1 + 3,1 + 0,15 = 5,4 \text{ мин}$	<p>Число путей:  <math>p = k_{\text{гф}} - 1 = 3 - 1 = 2</math> пути.</p> <p>Затраты времени на сборку вагонов на подачу:  <math>t_{\text{сб}}^3 = 1,8 \cdot 2 + 0,3 \cdot 14 = 7,8</math> мин.</p> <p>Затраты времени на подборку вагонов на подачу:  <math>t_{\text{подб}}^{\text{п.з}} = 7,8 + 7,8 = 15,6</math> мин.</p> <p>Длина первого полурейса с пути сортировочного парка на вытяжной путь СП:</p> $l_{\text{п/р1}}^{\text{п}} = l_{\text{в}} m_{\text{под}} + l_{\text{л}} + l_3 = 14 \cdot 14 + 50 + 200 = 446 \text{ м.}$ <p>Длина второго полурейса с вытяжного пути СП на вытяжной путь маневрового района МНО:</p> $l_{\text{п/р2}}^{\text{п}} = l_{\text{в}} m_{\text{под}} + l_{\text{л}} + l_3 + L_{\text{пп}} + l_2 + l_1 = 14 \cdot 14 + 50 + 200 + 1050 + 300 + 150 = 1946 \text{ м.}$ <p>Длина третьего полурейса с вытяжного пути маневрового района на пути завода:</p> $l_{\text{п/р3}}^{\text{п}} = l_{\text{в}} m_{\text{под}} + l_{\text{л}} + l_{\text{пп}} = 14 \cdot 14 + 50 + 100 = 1246 \text{ м.}$ <p>Затраты времени на выполнение полурейсов:</p> $t_{\text{п/р1}} = (0,0407 + 0,0017 \cdot 14) \frac{25}{2} + 0,06 \frac{446}{25} = 1,9 \text{ мин;}$ $t_{\text{п/р2}} = (0,0407 + 0,0017 \cdot 14) \frac{40}{2} + 0,06 \frac{1946}{40} = 4,2 \text{ мин;}$ $t_{\text{п/р3}} = (0,0407 + 0,0017 \cdot 14) \frac{40}{2} + 0,06 \frac{1246}{40} = 3,2 \text{ мин}$



Окончание таблицы 4.1

Подача вагонов на грузовой двор	Подача вагонов на подъездной путь предприятия
	$t_{\text{под}}^3 = t_{\text{уб}}^3 = t_{\text{п/рз}} + t_{\text{п/рз}} + t_{\text{п/рз}} + 2t_{\text{пд}} =$ $= 1,9 + 4,2 + 3,2 + 2 \cdot 0,15 = 9,6 \text{ мин}$
Затраты времени на сборку вагонов на грузовом дворе: $t_{\text{сб}}^{\text{гд}} = 1,8 \cdot 2 + 0,3 \cdot 12 = 7,2 \text{ мин}$	Затраты времени на сборку вагонов на подъездном пути завода: $t_{\text{сб}}^3 = 1,8 \cdot 2 + 0,3 \cdot 14 = 7,8 \text{ мин}$
Затраты времени на расстановку вагонов на грузовом дворе: $t_{\text{расст}}^{\text{гд}} = 6,6 + 0,15 \cdot 12 = 8,4 \text{ мин}$	Затраты времени на расстановку вагонов на подъездном пути завода: $t_{\text{расст}}^3 = 6,6 + 0,15 \cdot 14 = 8,7 \text{ мин}$
Затраты времени на подформирование вагонов с грузового двора в процесс накопления: $t_{\text{подф}}^{\text{сп.гд}} = Ag_{\text{о}}^{\text{п}} + Bm_{\text{под}} = 0,41 \cdot 6 +$ $+ 0,32 \cdot 12 = 6,3 \text{ мин}$	Затраты времени на подформирование вагонов с завода в процесс накопления: $t_{\text{подф}}^{\text{сп.з}} = Ag_{\text{о}}^{\text{п}} + Bm_{\text{под}} = 0,41 \cdot 8 +$ $+ 0,32 \cdot 14 = 7,8 \text{ мин}$
$T_{\text{пу}}^{\text{гд}} = 13,5 + 5,4 + 7,2 + 8,4 +$ $+ 5,4 + 6,3 = 46,2 \text{ мин}$	$T_{\text{пу}}^3 = 15,6 + 9,6 + 7,8 + 8,7 + 9,6 +$ $+ 7,8 = 59,1 \text{ мин}$

Технологический график последовательности выполнения технологических операций по подаче-уборке вагонов на грузовой двор показан на рисунке 4.2.

### 4.3 Расчет необходимого числа маневровых локомотивов для обслуживания мест общего и необщего пользования

Число маневровых локомотивов на станции для работы с местными вагонами определяется исходя из условия обеспечения своевременной подачи и уборки вагонов на местные пункты и эффективного использования парка локомотивов.

В курсовом проекте необходимое число маневровых локомотивов определяется в зависимости от продолжительности операций при подаче-уборке вагонов на грузовые пункты, числа подач-уборок и рассчитывается по формуле

$$M_{\text{м}} = \frac{T_{\text{ман}}^{\text{м}}}{1440\alpha_{\text{с}} - T_{\text{пост}}}, \quad (4.12)$$

где  $T_{\text{ман}}^{\text{м}}$  – среднесуточный объем маневровой работы, выраженный нормативной затратой локомотиво-минут,

$$T_{\text{ман}}^{\text{м}} = T_{\text{пу}}^{\text{гд}} X_{\text{пу}}^{\text{гд}} + T_{\text{пу}}^{\text{з}} X_{\text{пу}}^{\text{з}}, \quad (4.13)$$

$\alpha_{\text{с}}$  – коэффициент, учитывающий возможные перерывы в использовании локомотива из-за враждебных передвижений (принимается равным 0,93);  $T_{\text{пост}}$  – простой маневрового локомотива в связи с его экипировкой, сменной бригадой (два раза в сутки – в 8:00 и 20:00) и иными регламентированными перерывами в работе (принимается 60–90 мин).



Рисунок 4.2 – Технологический график последовательности выполнения операций при подаче-уборке вагонов на грузовой двор

Для дальнейших расчетов принимается ближайшее большее целое количество локомотивов. Если по расчетам требуется один маневровый локомотив, то он последовательно с учетом числа подач-уборок обслуживает грузовой двор и подъездной путь предприятия (завода).

При потребности двух маневровых локомотивов они могут закрепляться на обслуживании одного из местных пунктов.

**Пример 4.2.** Рассчитать потребное количество маневровых локомотивов, занятых на местной работе, если  $X_{\text{пу}}^{\text{гд}} = 9$  подач;  $T_{\text{пу}}^{\text{гд}} = 46,2$  мин;  $X_{\text{пу}}^{\text{гд}} = 8$  подач;  $T_{\text{пу}}^{\text{з}} = 58,3$  мин.

*Решение.*

Количество маневровых локомотивов, занятых на местной работе,

$$M_{\text{м}} = \frac{9 \cdot 46,2 + 8 \cdot 58,3}{1440 \cdot 0,93 - 60} = 0,63 \text{ локомотива.}$$

Принимается один локомотив.

## **5 РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ СТАНЦИИ И РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

### **5.1 Разработка немасштабной схемы станции и организационно-технологической структуры управления**

Для разработки графической модели эксплуатационной работы станции необходимо разработать немасштабную схему станции и начертить ее на листе бумаги формата, соответствующего бланку, на котором будет изображаться графическая модель. Лист с немасштабной схемой приклеивается сверху к бланку графической модели.

На немасштабной схеме изображаются все парки, сортировочные устройства, соединительные пути, устройства локомотивного хозяйства, местные пункты с учетом принятого варианта путевого и технического развития станции. Вычерчивание парков, горловин парков станции производится с учетом требований [9].

Специализация путей проводится для всех парков станции с целью обеспечения безопасного и беспрепятственного приема, отправления поездов, сокращения количества враждебных маршрутов при передвижении на станции, уменьшения времени занятия горловин на основе установленных в ТНПА требований [8].

Для парка приема (приемо-отправочного) необходимо специализировать пути таким образом, чтобы обеспечить параллельный прием поездов с разных направлений. В парке отправления (приемо-отправочном) пути специализируются исходя из обеспечения возможности параллельно отправлять поезда на два направления.

Количество путей, которое специализируется под прием с одного направления должно быть пропорционально количеству принимаемых поездов. То же условие применяется и для путей отправления.

Примерная схема специализации парков приема и отправления приведена на рисунках 5.1, 5.2.

Транзитные пути в зависимости от варианта схемы, заданной в курсовом проекте, могут включаться в ПО (вариант 1), либо для одного направления (на Б) включаться в ПО, а для другого (на Л, М) располагаться параллельно сортировочно-отправочному парку – СОП (вариант 2), либо включать в состав приемо-отправочных парков – ПОП-1 и ПОП-2 (вариант 3). Схема специализации ПОП-1 (схема 3) приведена на рисунке 5.3.

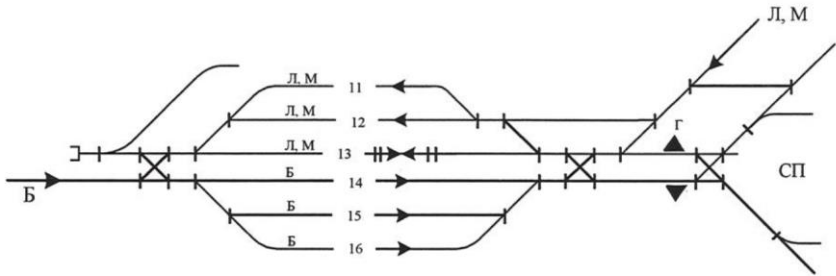


Рисунок 5.1 – Специализация путей парка приема  
( $P_{п.п} = 6$  путей, схема 1, 2)

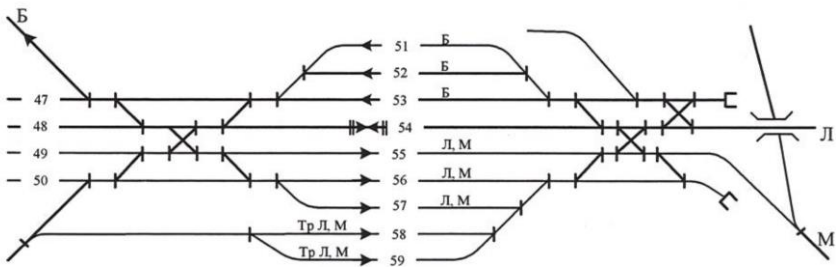


Рисунок 5.2 – Специализация путей парка отправления  
( $P_{п.о} = 7$  путей, схема 1)

Специализацию путей сортировочного парка необходимо провести таким образом, чтобы возможно было параллельно проводить окончание формирования поездов, которые отправляются на разные направления, а также проводить параллельно окончание формирования и перестановку или отправление поездов. Специализация путей для накопления вагонов на местные пункты производится исходя из места примыкания местных пунктов и обеспечения минимальных затрат на подачу и уборку вагонов с этих пунктов. Пути, специализированные для стоянки вагонов, требующих текущего ремонта, вагонов с негабаритными и опасными грузами, располагаются крайними в СП: для ремонта – со стороны примыкания вагонного депо, а для опасных грузов – со стороны наличия подъездов специальной техники на железнодорожном и автомобильном ходу.

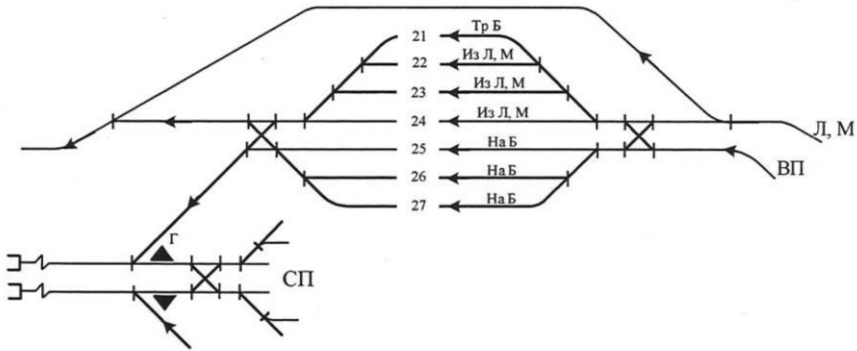


Рисунок 5.3 – Специализация путей приемо-отправочного парка  
 ( $P_{п.п} = 3$  пути;  $P_{п.о} = 3$  пути;  $P_{тр.п} = 1$  путь, схема 3)

При специализации путей СП учитывается компоновка горловины на пучки и их технологическая связь с вытяжными путями [9]. Работа по окончанию формированию поездов должна быть равномерно распределена между вытяжными путями.

Примерная схема специализации сортировочно-отправочного парка (схема 2) приведена на рисунке 5.4.

Организационно-технологическая структура управления станции предусматривает собой изображение на немасштабной схеме используемого для реализации технологического процесса комплекса объектов, устройств, маневровых средств и иных обустройств и виды связи для выполнения регламентных переговоров между работниками станции. Пример изображения организационно-технологической структуры управления станцией приведен в [1].

Организационно-технологическая структура управления – основа эксплуатационной работы станции, оперативного управления, информационной технологии и обработки документов перевозки. Она определяется схемой расположения основных парков, сортировочных устройств, размещением производственно-технических помещений и постов управления, технической оснащённостью средствами связи, автоматики, телемеханики и средств обработки информации. Прогрессивная организационно-технологическая структура управления позволяет уменьшить продолжительность технологических операций и межоперационных простоев, повысить производительность труда и снизить себестоимость переработки вагонов.

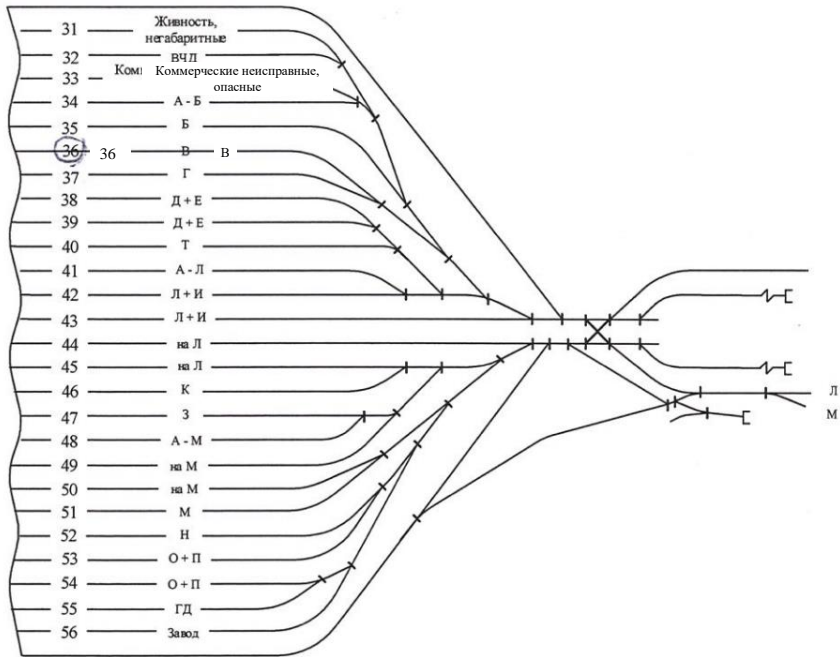


Рисунок 5.4 – Специализация путей сортировочно-отправочного парка (П<sub>пф</sub> = 17 путей; П<sub>мл</sub> = 2 пути; П<sub>по</sub> = 4 пути, схема 2)

На схеме организационно-технологической структуры управления показываются места нахождения маневрового диспетчера (ДСЦ), информационного (ИЦ), станционного технологического центра обработки поездной информации и перевозочных документов (СТЦ), дежурных по станции (ДСП), дежурного по горке (ДСПГ), дежурных по паркам формирования (ДСПФ) и отправления (ДСПП), пунктов технического обслуживания (ПТО) и коммерческого осмотра вагонов (ПКО), а также постов для списывания вагонов в составе поезда. На схеме показываются все обустройства станции, оказывающие влияние на порядок и последовательность выполнения технологических операций. Особое внимание должно быть уделено вопросам обработки документов и технологии работы СТЦ с учетом электронного документооборота. Следует указать размещение технологических средств связи, коммуникаций пневмопочты, устройств для доставки документов, бункеров и т. д.

Для обеспечения руководства работой по приему, расформированию, формированию и отправлению поездов студент должен разделить станцию на отдельные самостоятельные и взаимосвязанные районы управления, показав каждый из них на немасштабной схеме цветным контуром. При этом надо руководствоваться следующим:

а) каждый район должен находиться под руководством одного сменного оперативного работника (ДСП, ДСПГ, ДСПФ);

б) все стрелочные переводы, в том числе находящиеся на главных путях, должны быть отнесены к какому-либо району управления;

в) горловина любого парка (или общая горловина нескольких парков) должна быть в подчинении одного дежурного по станции.

В район управления ДСПГ включается горб горки и подгорочная часть сортировочного парка; в район управления ДСПФ – выходная горловина сортировочного парка.

## 5.2 Нормирование времени подачи и уборки поездных локомотивов

Нормирование времени подачи и уборки поездных локомотивов производится для поездов, прибывающих на станцию в переработку, своего формирования, транзитных без переработки поездов со сменой локомотивов.

Исходя из взаимного расположения парков станции и устройств локомотивного хозяйства, необходимо выбрать маршруты передвижения локомотивов с парков станции в депо (экипировочное устройство) и из депо в парки станции под состав поезда. На схему станции необходимо нанести маршруты следования локомотивов и значения расстояний следования (рисунок 5.5).

Затраты времени на подачу и уборку локомотивов включают время на непосредственное передвижение локомотива по путям станции и на перемену направления движения

$$T_{п-у}^л = \sum_{i=1}^n t_{п/пi} + \sum_{i=1}^{n-1} t_{пдi} . \quad (5.1)$$

Время выполнения каждого полурейса движения локомотива нормируется по формуле (2.24). Время на перемену направления движения для поездных локомотивов с двумя кабинами управления  $t_{пд}=1,5$  мин.



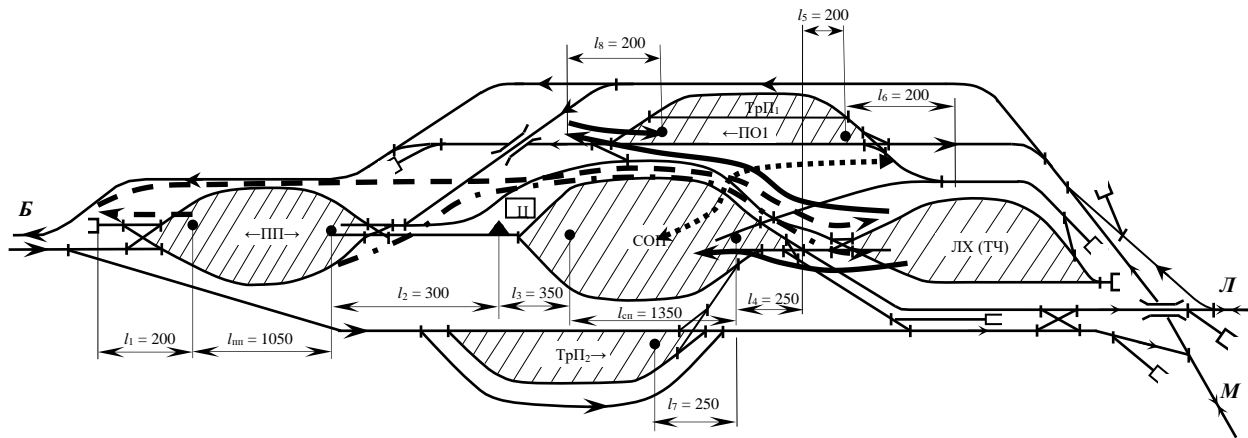


Рисунок 5.5 – Схемы полурейсов передвижения поездных локомотивов между парками и локомотивным депо (второй вариант схемы станции)

Скорости передвижения одиночных локомотивов по станции принимаются согласно требований приложения к ПТЭ: Инструкции по движению поездов и маневровой работе на Белорусской железной дороге [8].

Результаты расчета времени на подачу и уборку поездных локомотивов на примере второй схемы станции сведены в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет затрат времени на подачу и уборку поездных локомотивов

Начало маршрута	Конец маршрута	Расчет длин полурейсов и затрат времени, мин
ПП, от поездов четного направления	ТЧ	$l_{п/р1} = l_2 + l_3 + l_{\text{соп}} + l_4 + l_5 =$ $= 300 + 350 + 1350 + 250 + 200 = 2450 \text{ м};$ $t_{\text{уб}}^{\text{ЧПП-ТЧ}} = 0,0407 \frac{40}{2} + 0,06 \frac{2450}{40} = 4,5 \text{ мин}$
ПП, от поездов нечетного направления	ТЧ	$l_{п/р1} = l_1 = 200 \text{ м};$ $t_{п/р1} = 0,0407 \frac{15}{2} + 0,06 \frac{200}{15} = 1,1 \text{ мин};$ $l_{п/р2} = l_1 + l_{\text{пп}} + l_2 + l_3 + l_{\text{соп}} + l_4 + l_5 = 200 + 1050 +$ $+ 300 + 350 + 1350 + 250 + 200 = 3700 \text{ м};$ $t_{п/р2} = 0,0407 \frac{40}{2} + 0,06 \frac{3700}{40} = 6,4 \text{ мин};$ $t_{\text{уб}}^{\text{НПП-ТЧ}} = t_{п/р1} + t_{\text{пл}} + t_{п/р2} = 1,1 + 1,5 + 6,4 = 9,0 \text{ мин}$
ТрП2, от поездов четного направления	ТЧ	$l_{п/р1} = l_7 + l_4 + l_5 = 250 + 250 + 200 = 700 \text{ м};$ $t_{\text{уб}}^{\text{ЧТП-ТЧ}} = 0,0407 \frac{25}{2} + 0,06 \frac{700}{25} = 2,2 \text{ мин}$
ТрП1, от поездов нечетного направления	ТЧ	$l_{п/р1} = l_8 = 200 \text{ м};$ $t_{п/р1} = 0,0407 \frac{15}{2} + 0,06 \frac{200}{15} = 1,1 \text{ мин};$ $l_{п/р2} = l_8 + l_7 + l_4 + l_5 =$ $= 200 + 250 + 250 + 200 = 900 \text{ м};$ $t_{п/р2} = 0,0407 \frac{25}{2} + 0,06 \frac{900}{25} = 2,7 \text{ мин};$ $t_{\text{уб}}^{\text{НТП-ТЧ}} = t_{п/р1} + t_{\text{пл}} + t_{п/р2} = 1,1 + 1,5 + 2,7 = 5,3 \text{ мин}$
ТЧ	ПО1, ТрП1 к поездам нечетного направления	$l_{п/р1} = l_5 + l_4 + l_7 + l_8 =$ $= 200 + 250 + 250 + 200 = 900 \text{ м};$ $t_{п/р1} = 0,0407 \frac{25}{2} + 0,06 \frac{900}{25} = 2,7 \text{ мин};$ $l_{п/р2} = l_8 = 200 \text{ м};$ $t_{п/р2} = 0,0407 \frac{15}{2} + 0,06 \frac{200}{15} = 1,1 \text{ мин};$ $t_{\text{под}}^{\text{ТЧ-ЧПО, ЧТП}} = t_{п/р1} + t_{\text{пл}} + t_{п/р2} =$ $= 2,7 + 1,5 + 1,1 = 5,3 \text{ мин}$
ТЧ	СОП к поездам четного направления	$l_{п/р1} = l_5 + l_4 = 200 + 250 = 450 \text{ м};$ $t_{\text{под}}^{\text{ТЧ-СОП}} = 0,0407 \frac{15}{2} + 0,06 \frac{450}{15} = 2,1 \text{ мин}$

Начало маршрута	Конец маршрута	Расчет длин полуурейсов и затрат времени, мин
ТЧ	ТрП2, к поездам четного направления	$l_{п/р1} = l_5 + l_4 + l_7 = 200 + 250 + 250 = 700 \text{ м};$ $t_{\text{под}}^{\text{ТЧ-ЧТП}} = 0,0407 \frac{25}{2} + 0,06 \frac{700}{25} = 2,2 \text{ мин}$

### 5.3 Графическая модель работы станции на сутки по оптимальному варианту технологии

Разработка графической модели работы станции (ГМРС) – итог инженерной деятельности по составлению технологического процесса станции. С помощью этой модели студент графически имитирует процессы в парках станции, глубже познает их взаимодействие между собой и с технологией прилегающих участков, выявляет причины межоперационных простоев и ожиданий, графически устанавливает потребность в маневровых средствах и их использование, проверяет достаточность пропускной и перерабатывающей способности станции. При разработке ГМРС следует руководствоваться примерами ее построения [1].

В пояснительной записке студент в начале указывает краткую характеристику варианта технологии и технического оснащения, которую он будет реализовывать в графической модели.

**Пример 5.1.** Принятый (оптимальный) вариант станционной технологии 3423. В технологии реализуется 3-й вариант распределения работы по окончанию формирования между горкой и вытяжными путями: формирование однопутных поездов по 2-й схеме на горке ( $t_{\text{оф}}^{\text{Г,однг}} = 2,3$  мин) и вытяжке ( $t_{\text{оф}}^{\text{В,однг}} = 6,5$  мин); формирование двухпутных поездов по 4-й схеме на горке ( $t_{\text{оф}}^{\text{Г,дв}} = 2,3$  мин) и вытяжке ( $t_{\text{оф}}^{\text{В,дв}} = 6,5$  мин) и 5-й схеме на горке ( $t_{\text{оф}}^{\text{Г,дв}} = 2,3$  мин) и вытяжке ( $t_{\text{оф}}^{\text{В,дв}} = 6,5$  мин); формирование сборного поезда по 6-й схеме на горке ( $t_{\text{оф}}^{\text{Г,сб}} = 32,3$  мин). Горка двухпутная, горочный технологический интервал  $t_r = 19,7$  мин. На горке работает 2 маневровых локомотива, на вытяжных путях – 3. Для обслуживания местных пунктов используется 1 маневровый локомотив.

Для построения ГМРС устанавливаются затраты времени на выполнение всех технологических операций, которые будут изображаться:

– по прибытию поездов – закрепление составов, уборка поездных локомотивов с пути прибытия, технологическое время на обработку состава одной бригадой ПТО (ПКО);

– на горке – заезд маневрового локомотива под состав, снятие средств закрепления, вытягивание (при наличии), надвиг, расформирование состава (затраты на роспуск и манёвры с вагонами ЗСГ), осаживание, окончание формирования составов на горке по выбранным схемам;

– на вытяжных путях – окончание формирования составов на вытяжке по выбранным схемам, перестановка составов в парк отправления (приемо-отправочный парк), возвращение маневрового локомотива в СП (переезд маневрового локомотива с одного пути СОП на другой);

– по отправлению поездов – закрепление состава, уборка маневровых локомотивов с пути отправления, технологическое время на обработку состава одной бригадой ПТО (ПКО), подача поездного локомотива под состав, снятие средств закрепления, опробование тормозов;

– при обслуживании местных пунктов – подборка вагонов на подачу, подача вагонов к МОП или МНОП, сборка вагонов на местном пункте, расстановка вагонов на местном пункте, продолжительность выполнения грузовых операций на местных пунктах, уборка вагонов с местного пункта в СП (СОП), подформирование вагонов по назначениям плана формирования в СП (СОП).

Занятие входных и выходных горловин станции по прибытию и отправлению грузовых поездов принять 5 мин.

При построении ГМРС все затраты времени на выполнение технологических операций округляются до целого числа минут.

Для построения графической модели станции лист (формата А1) расчерчивается с учетом принятого по варианту путевого развития станции. Для каждого пути выделяется строка в масштабе, необходимом для четкого графического изображения технологических операций.

В парке приема, отправления, приемо-отправочных парках (ПОП-1 и ПОП-2) один из путей специализируется как ходовой. При необходимости на этом пути также можно осуществлять операции обработки составов.

Парки приема и отправления изображаются на листе в верхней и нижней части. Приемо-отправочные парки: ПОП-1 (на Б) располагается в верхней части, ПОП-2 (на Л, М) – в нижней части. Необходимо

учесть дополнительное число путей отправления, полученное при расчете по выбранному варианту. После ПП (ПОП-1) ниже на листе указываются строки для каждого пути надвига (ропуска) и для каждого горочного локомотива.

Далее ниже изображаются строки путей сортировочного парка (варианты 1, 3) или сортировочно-отправочного парка (вариант 2). Вначале определяется размещение строк для путей накопления вагонов на местные пункты (в зависимости от места их примыкания на станции – в верхней или нижней части станции). Остальные строки специализируются с учетом специализации путей – в верхней части СП (СОП) пути для накопления назначений на Б: сборного – А–Б, участкового – Б, сквозных – В, Г, Д, Е, Т; на Л: сборного – А–Л, участкового – Л, сквозных – К, И, З; на М: сборного – А–М, участкового – М, сквозных – Н, О, П. При этом строки для накопления двухгруппных поездов размещаются рядом. Например, *двухгруппные поезда Д+Е, Л+К, О+П*.

В СОП дополнительно изображаются строки для путей отправления на Л, М с учетом дополнительных путей отправления. Пути отправления распределяются на направления Л и М в соответствии с числом отправляемых поездов.

За СП (СОП) ниже на листе размещаются строки для каждой вытяжки формирования, каждого локомотива вытяжек формирования и локомотива для местной работы. Затем ниже размещаются строки местных пунктов: места необщего пользования (подъездной путь за вода) и общего пользования (грузового двора).

График прибытия поездов указывается в верхней части листа, график отправления – в нижней. Нитки графика указываются отдельно для каждого направления. Для этого изображаются прилегающие к станции А перегоны А–б, А–л, А–м. Времена прибытия грузовых поездов указаны в приложении Е задания на курсовой проект, время хода поездов – в приложении В задания на курсовой проект. Размещать станции примыкающих перегонов следует с учетом направления следования поездов – нитки четных поездов изображаются на ГДП снизу-вверх, нечетных – сверху-вниз. Возле каждой нитки графика прибытия указывается номер поезда.

Аналогично предварительно карандашом указываются нитки графика отправления поездов, но без нумерации (приложение Ж задания). Номер грузового поезда будет присваиваться по фактическому поездообразованию на нитку графика. Ниток графика по отправлению

задано больше, чем расчетное число отправляемых поездов, поэтому часть ниток будет не использовано. Сразу необходимо пометить нитки отправления сборных поездов (А–Б, А–Л, А–М), т. к. эти поезда отправляются по постоянному расписанию и все операции по подготовке состава сборного поезда (окончание формирования, перестановка, обработка по отправлению) необходимо закончить к установленному времени отправления поезда со станции.

На графике по принятому варианту технологии станции показывают работу локомотивов на горке и вытяжных путях, занятость путей парков составами, вагонами и т. д.

Все операции изображаются специальными графическими символами (приложение Г). Ширина символа указывает продолжительность выполнения операции.

До построения графика в каждой строке указываются остатки составов и вагонов на начало суток (0:00 часов) на путях станции: по прибытию (приложение К задания на курсовой проект), на путях накопления (приложение Л задания на курсовой проект), на путях пунктов местной работы (приложение М задания на курсовой проект), на путях отправления (приложение Н задания на курсовой проект).

Построение ГМРС начинается с изображения операций обработки транзитных поездов без переработки (рисунок 5.6). Эти поезда следуют по постоянному расписанию (приложение Е задания на проект). На графической модели в строке пути приема транзитного поезда изображается операция прибытия поезда (символ 1, приложение Г), обработки состава поезда (символ 7), отправления поезда (символ 2). При смене поездного локомотива указывается операция уборки поездного локомотива (символ 5) и подачи локомотива с опробованием тормозов (символ 6). Над каждым поездом указывается его номер.

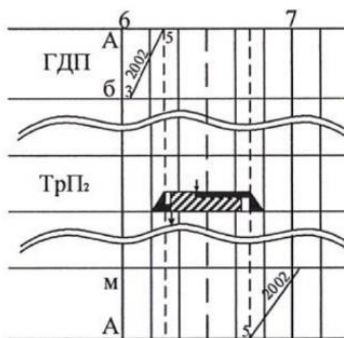


Рисунок 5.6 – Фрагмент графика станционной работы по обработке транзитного поезда без переработки (вариант для 1-й схемы станции)

Построение графической модели технологической линии с переработкой начинается с оценки наличия составов поездов на путях управления. При наличии таких поездов (остатки с прошлых суток) изображаются операции обработки поездов (символ 7), подача поездного локомотива (символ 6), опробование тормозов (рисунок 5.7).

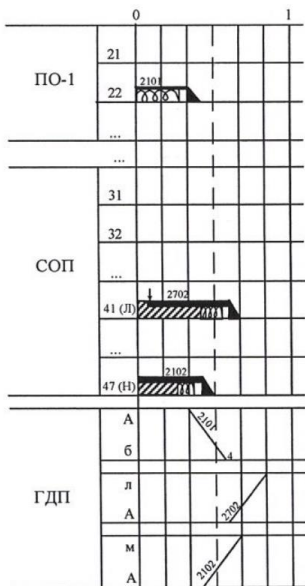


Рисунок 5.7 – Фрагмент графика станционной работы по обработке поездов своего формирования на начало суточного периода (вариант 2 схема станции)

(поезд № 2101 отправлением на Б – все операции обработки выполнены, поездной локомотив подан под состав, снятие средств закрепления и отправление в 0:20; поезд № 2702 отправлением на Л – обработка состава, подача локомотива в 0:05, опробование тормозов, окончание обработки в 0:25, ожидание отправления, снятие средств закрепления и отправление в 0:35; поезд № 2102 – идет обработка, поездной локомотив подан под состав, опробование тормозов, окончание обработки в 0:15, ожидание отправления, снятие средств закрепления и отправление поезда в 0:25)

После этого определяется ближайшая нитка графика отправления поезда на данное направление, указывается ожидание отправления (символ 8) и операция отправления (символ 2) и присваивается номер поезда.

Нумерация поездов осуществляется по порядку с начала суток с учетом номеров, предусмотренных для участковых и сквозных поездов на данное направление. Время после технической обработки состава изображается как ожидание отправления поезда (символ 8). После завершения операций с одним поездом, указываются аналогично операции с другими поездами, находящимися в ПО (ПОП, СОП).

После того как показаны операции обработки по отправлению всех поездов, производится оценка наличия накопившихся составов

поездов в СП (СОП). При наличии таких составов (остатки вагонов с прошлых суток) изображаются операции окончания формирования составов (рисунок 5.8).

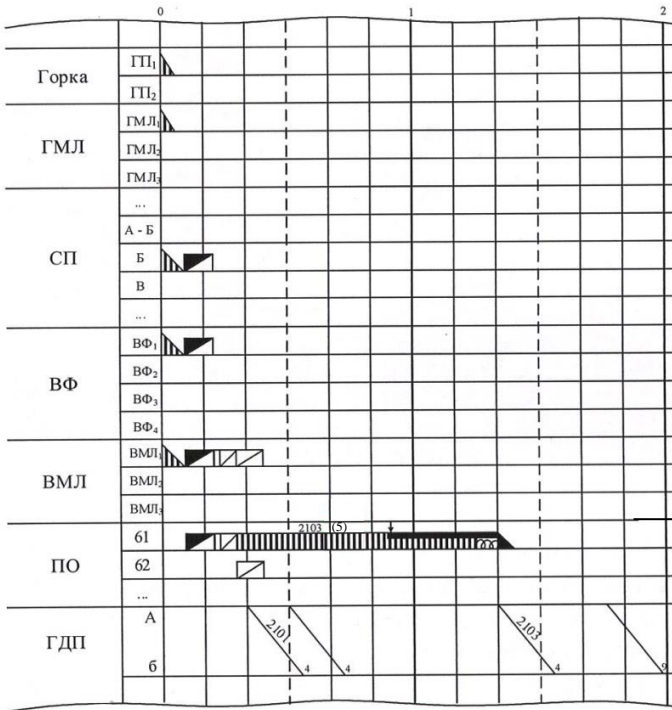


Рисунок 5.8 – Фрагмент графика станционной работы по окончанию формирования одногруппного поезда назначением на станцию Б (вариант 1 схема станции, затраты времени на операции:

$$t_{\text{оф}}^r = 2 \text{ мин}; t_{\text{оф}}^a = 6 \text{ мин}; t_{\text{пер}} = 6 \text{ мин}; t_{\text{загр}} = 2 \text{ мин}; t_{\text{уб}}^M = 2 \text{ мин}; t_{\text{обр}}^M = 7 \text{ мин};$$

$$t_{\text{по}} = 60 \text{ мин}; m = 60 \text{ вагонов})$$

Следует учитывать, на каких сортировочных устройствах осуществляется окончание формирования составов по принятому варианту распределения работы по окончанию формирования: Г и ВФ. Операция указывается одновременно и на сортировочном устройстве (Г и/или ВФ) и пути сортировочного парка. Кроме того, операция изображается и в загрузке соответствующего локомотива (горки и/или



вытяжного пути), который осуществляет данную операцию. Окончание формирования двухгруппных поездов указывается в строках СП (СОП) одним символом с занятием двух строк (путей). После выполнения операции окончания формирования изображается перестановка состава в строках соответствующего пути СП, вытяжки формирования, загрузки маневрового локомотива и пути отправления, куда переставляется состав.

Возможно выполнение и изображение операций по окончанию формирования параллельно разными маневровыми локомотивами на вытяжках формирования, если нет враждебных пересечений маршрутов выполнения маневровых операций.

На путях отправления (см. рисунок 5.8) после перестановки состава поезда, последовательно указываются операции закрепления состава (символ 3) и уборки маневрового локомотива (символ 9). Затем изображаются операции обработки состава в техническом отношении (символ 7), подача поезда локомотива (символ 6), опробование поездов, ожидание (при наличии) нитки графика отправления поезда (символ 8) и отправление поезда (символ 2) со станции. Производится нумерация поезда и указывается номер поезда в строке пути отправления над операцией обработки состава соответствующего поезда. Уборка маневрового локомотива (символ 9) также отображается в загрузке маневрового локомотива. Если после перестановки состава на пути отправления бригада ПТО занята обработкой предыдущего состава, то указывается межоперационный простой ожидания (символ 8) обработки до момента освобождения бригады ПТО и началом осмотра предъявленного к обработке состава.

Затем последовательно (или параллельно) выполняются аналогичные операции и с иными составами, накопившимися в СП (СОП).

При отсутствии накопившихся составов начинается изображение операций расформирования составов на сортировочной горке.

Производится оценка наличия составов на путях прибытия. При наличии готовых (выполнены все технические операции подготовки) к расформированию составов (остатки с прошлых суток) изображаются операции надвига (символ 12) и отпуска состава (символ 13) на горке (рисунок 5.9). Для станций с параллельным расположением парков

приема и сортировочного дополнительно указывается операция вытягивания состава (символ 11) на вытяжной путь горки, а затем надвиг и роспуск состава.

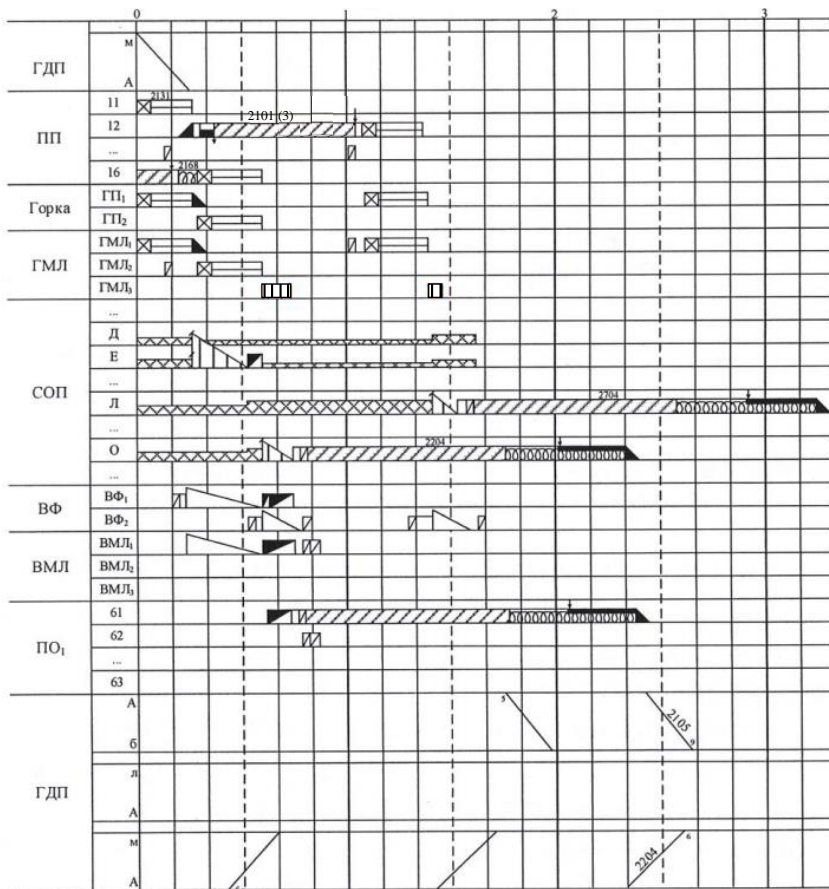


Рисунок 5.9 – Фрагмент графика станционной работы по расформированию и формированию составов поездов

(вариант 2 схема станции; затраты времени на операции:

$$t_n = 2 \text{ мин}; t_z = 5 \text{ мин}; T_p = 15 \text{ мин}; t_{oc} = 4 \text{ мин}; t_{\text{оф.дв}}^r = 2 \text{ мин}; t_{\text{оф.дв}}^b = 17 \text{ мин};$$

$$t_{\text{оф.од}}^b = 9 \text{ мин}; t_{\text{пер}} = 5 + 6 = 11 \text{ мин}; t_{\text{пп}} = 40 \text{ мин})$$

Операция роспуска и маневров с вагонами ЗСГ во время роспуска, как правило, включается в одну операцию: их времена суммируются.

Операции заезда, вытягивания состава, надвига и роспуска дублируются в строке загрузки горочных маневровых локомотивов.

При эксплуатации на горке двух или трех локомотивов порядок их использования определяется студентом исходя из их загрузки и минимизации простоев вагонов на станции.

По окончании роспуска составов указывается изменение числа вагонов на путях СП (СОП) путем добавления вагонов в процесс накопления (символ 23) на каждое назначение на основании разложения состава поезда (приложения К и Е.2 – Е.3 задания на курсовой проект). Если на назначение с текущего роспуска составов нет вагонов, то линия процесса накопления продлевается от окончания предыдущего роспуска (или начала суток) до окончания текущего без изменения величины.

Роспуск следующего состава производится лишь после оценки завершения процесса накопления состава в СП (СОП) и необходимости выполнения окончания формирования накопившегося состава на горке. При необходимости указывается процесс окончания формирования состава на горке. Если одновременно накопились в СП (СОП) два состава, то на двухпутной горке возможно выполнение этих операций параллельно (с учетом технической возможности одновременного выезда составов с путей СП на соответствующий горочный путь). На однопутной горке процесс окончания формирования составов изображается на горке последовательно с учетом времени выполнения окончания формирования на вытяжном пути (при параллельном окончании формирования состава на Г и ВФ).

Если на горке не надо производить окончание формирования, то аналогично изображается расформирование следующего состава, оставшегося с предыдущих суток.

В строке использования горочных маневровых локомотивов указывается также операция осаживания вагонов на путях СП (СОП) со стороны горки (символ 15). Если на горке используются три локомотива, то один из них может быть специализирован для выполнения данной операции. Операции осаживания (символ 15) могут указываться отдельно одного состава, а может подряд нескольких составов (в период времени, когда на горке не выполняются операции роспуска или окончания формирования поездов), тогда затраты времени суммируются по числу составов.

После изображения роспуска всех составов, которые были в наличии на станции с предыдущих суток в ПП (ПОП), указывается прием первого по ГДП поезда в расформирование. Выбор пути приема осуществляется с учетом специализации путей и направления приема поезда. В строке приема поезда (см. рисунок 5.9) последовательно изображаются операции приема (символ 1), закрепления состава (символ 2) и уборки поездного локомотива (символ 5). Над операцией обработки состава указывается номер поезда. Если все бригады ПТО заняты обслуживанием прибывших ранее составов, то указывается операция ожидания (символ 8). Если бригада ПТО свободна, то изображается обработка состава (символ 7). После обработки состава показывается подача горочного маневрового локомотива под состав как завершение операции заезда локомотива (символ 9) и снятие закрепления состава (символ 4). Если горка свободна от выполнения операций роспуска предыдущего состава или окончания формирования, то изображаются операции: вытягивание состава (символ 11) на горку (для 3-го варианта схемы), надвиг (символ 12) и роспуск состава (символ 13). Эти же операции дублируются в загрузке горочного маневрового локомотива.

Операция перемещения поездного локомотива после его уборки из-под состава в локомотивное хозяйство (депо, экипировочные устройства) также показывается на ходовом или ином пути ПП (ПОП).

Операция перемещения маневрового локомотива при заезде под состав указывается также на ходовом пути или ином пути ПП (1-й и 2-й варианты схем станции).

Далее производится прием, обработка и расформирование следующего грузового поезда. После каждого роспуска производится добавление вагонов в процесс накопления и оценка завершения процесса накопления вагонов на состав поезда.

Параллельно с изображением процесса расформирования-формирования составов на ГМРС показывается работа с местными вагонами на грузовых пунктах (рисунок 5.10). Подача вагонов осуществляется на местные пункты в соответствии с принятым числом подач за сутки. Намечается предварительное расписание и интервалы подач вагонов на каждый местный пункт отдельно (МОП и МНОП).

При использовании одного местного маневрового локомотива подачи и уборки на МОП (ГД) и МНОП (предприятие) изображаются последовательно, а при двух – можно специализировать каждый маневровый локомотив за одним из местных пунктов.

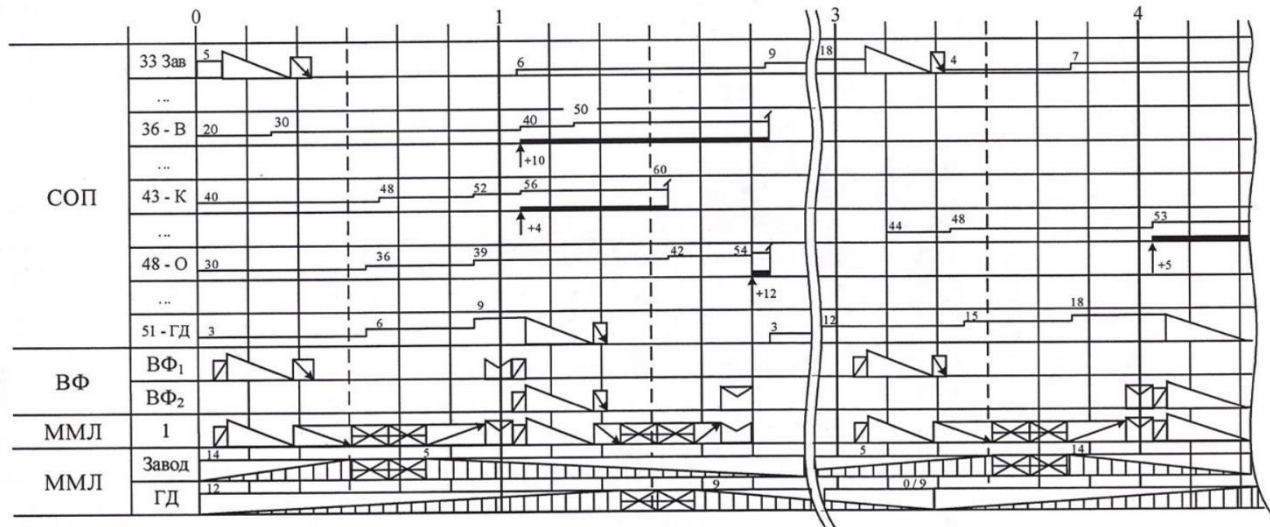


Рисунок 5.10 – Фрагмент графика станционной работы по подаче-уборке вагонов на местные пункты  
(вариант 3 схема станции, затраты времени на операции:

$$\begin{aligned}
 t_{\text{подб}}^2 &= 15 \text{ мин}; t_{\text{под}}^3 = 10 \text{ мин}; t_{\text{сб}}^3 = 8 \text{ мин}; t_{\text{расст}}^2 = 9 \text{ мин}; t_{\text{уб}}^2 = 10 \text{ мин}; t_{\text{подф}}^2 = 7 \text{ мин}; t_{\text{подб}}^{\text{ГД}} = 14 \text{ мин}; \\
 t_{\text{под}}^{\text{ГД}} &= 5 \text{ мин}; t_{\text{сб}}^{\text{ГД}} = 7 \text{ мин}; t_{\text{расст}}^{\text{ГД}} = 8 \text{ мин}; t_{\text{уб}}^{\text{ГД}} = 5 \text{ мин}; t_{\text{подф}}^{\text{ГД}} = 6 \text{ мин}; m_{\text{под}}^2 = 14 \text{ мин}; m_{\text{под}}^{\text{ГД}} = 12 \text{ мин}
 \end{aligned}$$

Подачу вагонов можно начинать сразу с начала суток. Число вагонов в подаче не должно превышать расчетное число, установленное в подразд. 4.2. Операции изображаются последовательно: подборка вагонов на подачу (символ 16), подача на местный пункт (символ 18), сборка вагонов, находящихся на местном пункте (символ 21), расстановка поданных вагонов на места выполнения грузовых операций (символ 20), уборка вагонов с местных пунктов в СП (СОП) (символ 19), подформирование местных вагонов на вытяжных путях (или горке) по назначениям плана формирования (символ 22) в соответствии с назначениями, указанными в приложении И задания на КП. Местные вагоны включаются в накопление соответствующего назначения: число вагонов в процессе накопления увеличивается на величины подформированных вагонов и указывается их простой под накоплением до окончания формирования красным цветом (символ 24). Местные вагоны прежде всего подформируются на назначения, у которых заканчивается процесс накопления, тем самым уменьшая общий простой вагонов под накоплением.

Операция подборка на подачу изображается на пути СП (СОП) и ВФ, операция подачи, уборки – на ВФ, операции сборки и расстановки вагонов – на путях местного пункта, операция подформирования – на ВФ. Кроме того, все указанные операции дублируются в строке занятости местного маневрового локомотива.

На грузовом пункте указывается число поданных вагонов и операции, которые с ними совершаются: выгрузка (символ 25), погрузка (символ 26). Грузовые операции совершаются в интервале между подачами. Если выполняется одна операция (выгрузка или погрузка), то в строке ГМРС изображается только она.

Если в технологии станции предусмотрена внутростанционная регулировка порожних вагонов с одного места выполнения грузовых операций на другой, то порожние вагоны, убранные с одного из местных пунктов после выгрузки, в процессе подформирования направляются на пути накопления другого местного пункта, где установлен недостаток вагонов (см. таблицу 1.4). При наличии общего избытка на станции порожние вагоны направляются на назначение Г (п. 1) и в конце процесса подформирования число вагонов, накапливаемых на пути назначением Г увеличиваются на величину подформированных порожних вагонов.

В процессе построения ГМРС ведется таблица учета подачи и уборки вагонов на местные пункты, распределения местных вагонов после выполнения грузовых операций по назначениям дальнейшего следования (на основании приложения И задания на КП). Для повышения точности учета операций с местными вагонами следует указывать их число в прибывающих на станцию поездах (после номера поезда – 2101 (**3**), цифра **3** указывается красным цветом) и в отправляемых со станции поездах (после номера поезда – 2105 (**5**), цифра **5** указывается красным цветом).

Остатки вагонов на станции на конец суток должны быть по возможности равны или меньше остатков на начало суток.

При построения ГМРС могут быть использованы меры интенсификации работы станции, направленные на уменьшение простоев вагонов:

- формирование длинносоставных поездов (в соответствии с заданием);
- обработка составов поездов, прибывших в расформирование, а также составов своего формирования одновременно несколькими бригадами ПТО, ПКО;
- прием поездов на неспециализированные пути;
- перестановка составов поездов своего формирования на неспециализированные пути;
- применение скользящей специализации путей СП (СОП) для накопления составов на назначения направлений Л и М;
- применение технологических схем окончания формирования составов поездов, не предусмотренных оптимальным вариантом технологии;
- другие меры, согласованные с руководителем курсового проектирования.

Графическая модель используется для расчета показателей работы станции за одни сутки. Условно принимается, что определенные таким образом показатели являются нормами технологического процесса станции А. Полученные показатели необходимо сравнить с показателями железнодорожных станций и сделать заключение о качестве разработанного проекта. Сопоставляя полученные показатели, необходимо проанализировать, за счет чего произошло сокращение простоя вагонов, улучшение использования маневровых локомотивов и других показателей.

Для более точного определения показателей эксплуатационной работы станций можно выполнить имитационное моделирование с применением прикладных программных продуктов.

## 5.4 Расчет показателей эксплуатационной работы станции

### 5.4.1 Расчет количественных показателей эксплуатационной работы станции

В проекте рассчитываются следующие количественные показатели:

– прибытие грузовых поездов: в расформирование –  $N_{\Pi}^{c/\Pi}$ ; транзитных без переработки –  $N_{\Pi}^{\delta/\Pi}$ ; устанавливается на основании приложений задания;

– отправление грузовых поездов: своего формирования –  $N_0^{c/\Phi}$ ; транзитных без переработки –  $N_0^{\delta/\Pi}$ ; устанавливается по графику отправления поездов графической модели (ГМРС);

– прибытие вагонов: транзитных с переработкой –  $n_{\Pi}^{c/\Pi}$ ; транзитных без переработки –  $n_{\Pi}^{\delta/\Pi}$ ; местных  $n_{\Pi}^M$ :

$$n_{\Pi} = n_{\Pi}^{c/\Pi} + n_{\Pi}^{\delta/\Pi} + n_{\Pi}^M; \quad (5.2)$$

$$n_{\Pi}^{c/\Pi} = N_{\Pi}^{c/\Pi} m; \quad n_{\Pi}^{\delta/\Pi} = N_{\Pi}^{\delta/\Pi} m; \quad n_{\Pi}^M = \sum_{i=1}^{N_{\Pi}^{c/\Pi}} n_{\Pi i}^M, \quad (5.3)$$

где  $m$  – среднее количество вагонов в составе грузовых поездов соответствующей категории.

Местные вагоны суммируются по всем прибывающим в расформирование грузовым поездам на основании таблицы разложения грузовых поездов (приложение Е задания на КП);

– отправление вагонов: с переработкой –  $n_0^{c/\Pi}$ ; транзитных без переработки  $n_0^{\delta/\Pi}$ ; местных  $n_0^M$  :

$$n_0 = n_0^{c/\Pi} + n_0^{\delta/\Pi} + n_0^M; \quad (5.4)$$

$$n_0^{c/\Pi} = \sum_{i=1}^{N_0^{c/\Phi}} m_i; \quad n_0^{\delta/\Pi} = N_0^{\delta/\Pi} m; \quad n_0^M = \sum_{i=1}^{N_0^{c/\Phi}} m_{oi}^M; \quad (5.5)$$

– вагонооборот

$$n = n_{\Pi} + n_0; \quad (5.6)$$

– погрузка вагонов –  $U_{\Pi}$  (устанавливается по ГМРС по грузовым операциям, выполненным на местных пунктах);

– выгрузка вагонов –  $U_B$  (устанавливается по ГМРС по грузовым операциям, выполненным на местных пунктах);



– переработано вагонов на сортировочной горке:

$$n_p = N_p m, \quad (5.7)$$

где  $N_p$  – количество составов, расформированных на сортировочной горке (устанавливается по ГМРС по операциям, выполненным на сортировочной горке).

#### 5.4.2 Расчет качественных показателей эксплуатационной работы станции

В проекте рассчитывается средний простой одного вагона:

- транзитного без переработки;
- транзитного с переработкой;
- местного.

**Средний простой одного транзитного вагона без переработки** определяется по формуле

$$t_{\text{б/п}} = \frac{B_{\text{б/п}}}{n_{\text{б/п}}}, \quad (5.8)$$

где  $B_{\text{б/п}}$  – вагоно-часы простоя транзитных вагонов без переработки на станции А, ваг·ч,

$$B_{\text{б/п}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{б/п}}} m_i t_{\text{б/п}i}, \quad (5.9)$$

где  $t_{\text{б/п}i}$  – простой  $i$ -го состава транзитного без переработки поезда на станции, ч; определяется временем между прибытием и отправлением поезда со станции (с учетом ожидания нитки графика после выполнения всех установленных технологических операций).

**Средний простой одного транзитного вагона с переработкой** определяется по формуле

$$t_{\text{с/п}} = t_{\text{пп}} + t_{\text{рф}} + t_{\text{н}} + t_{\text{оф}} + t_{\text{по}}, \quad (5.10)$$

где  $t_{\text{пп}}$  – средний простой одного транзитного вагона с переработкой по прибытию поезда на станцию, ч;  $t_{\text{рф}}$  – средний простой одного транзитного вагона с переработкой при выполнении операций расформирования на сортировочной горке, ч;  $t_{\text{н}}$  – средний простой одного транзитного вагона под накоплением на путях СП (СОП) на состав поезда, ч;  $t_{\text{оф}}$  – средний простой одного транзитного вагона с переработкой при выполнении операций окончания формирования, ч;  $t_{\text{по}}$  –

средний простой одного транзитного вагона с переработкой при подготовке поезда к отправлению со станции, ч.

Значение параметра  $t_{\text{пп}}$  определяется по формуле

$$t_{\text{пп}} = \frac{B_{\text{пп}}}{n_p}, \quad (5.11)$$

где  $B_{\text{пп}}$  – вагоно-часы простоя транзитных вагонов с переработкой при обработке составов поездов по прибытию на станцию А, ваг·ч,

$$B_{\text{пп}} = B_{\text{пп}}^{\text{т.о}} + B_{\text{пп}}^{\text{ож.т.о}} + B_{\text{пп}}^{\text{ож.р}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{пп}}^{\text{с/н}}} m_i t_{\text{пп}i}^{\text{т.о}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{пп}}^{\text{с/н}}} m_i t_{\text{пп}i}^{\text{ож.р}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{пп}}^{\text{с/н}}} m_i t_{\text{пп}i}^{\text{ож.т.о}}, \quad (5.12)$$

где  $t_{\text{пп}i}^{\text{т.о}}$ ,  $t_{\text{пп}i}^{\text{ож.т.о}}$ ,  $t_{\text{пп}i}^{\text{ож.р}}$  – простой  $i$ -го состава поезда, прибывшего в расформирование на станцию, соответственно при выполнении технологических операций и ожидании выполнения технических операций обслуживания состава прибывшего поезда и расформирования на сортировочной горке, ч; при постоянных значениях продолжительности выполнения операций

$$t_{\text{пп}i}^{\text{т.о}} = t_{\text{пп}}^{\text{закр}} + t_{\text{пп}}^{\text{уб.пл}} + t_{\text{пп}}^{\text{пто(пко)}} + t_{\text{пп}}^{\text{з.мл}} + t_{\text{пп}}^{\text{с.закр}}, \quad (5.13)$$

где  $t_{\text{пп}}^{\text{закр}}$ ,  $t_{\text{пп}}^{\text{с.закр}}$  – затраты времени на выполнение соответственно операций по закреплению состава и снятию средств закрепления на путях прибытия поезда, мин;  $t_{\text{пп}}^{\text{уб.пл}}$  – затраты времени на выполнение маневровых операций по уборке с пути поезда локомотива от прибывшего состава поезда, мин;  $t_{\text{пп}}^{\text{пто(пко)}}$  – затраты времени на выполнение операций технического обслуживания состава, прибывшего в расформирование поезда (с учетом операций ограждения состава для выполнения операций обработки и снятия ограждения), мин;  $t_{\text{пп}}^{\text{з.мл}}$  – затраты времени на выполнение маневровых операций заезда маневрового локомотива под состав поезда для расформирования, мин.

Простой  $t_{\text{с/пи}}^{\text{ож.то}}$ ,  $t_{\text{с/пи}}^{\text{ож.р}}$  определяются по ГМРС для каждого состава, который имеет межоперационный простой (см. рисунки 5.7–5.9).

Значение параметра  $t_{\text{рф}}$  определяется по формуле

$$t_{\text{рф}} = \frac{B_{\text{рф}}}{n_p}, \quad (5.14)$$

где  $V_{p\phi}$  – вагоно-часы простоя транзитных вагонов с переработкой при выполнении операций расформирования на сортировочной горке, ваг·ч,

$$V_{p\phi} = N_p m \frac{(t_b + t_n + t_p + \Delta t_p)}{60}. \quad (5.15)$$

Значение параметра  $t_n$  определяется по формуле

$$t_n = \frac{V_n}{n_n}, \quad (5.16)$$

где  $V_n$  – вагоно-часы накопления вагонов на состав за сутки, ваг·ч; значение  $V_n$  определяется на основе построенного в ГМРС графика накопления составов (подач вагонов) по каждому  $j$ -му назначению плана формирования и местному пункту:

$$V_{nj} = \sum_{i=1}^{N_n^{c\phi}} \sum_{k=1}^{K_{gp}} m_{ik} t_{ik}, \quad (5.17)$$

где  $m_{ik}$  – количество вагонов в  $k$ -й группе при накоплении  $i$ -го состава грузового поезда, ваг.;  $t_{ik}$  – простой группы вагонов  $m_{ik}$  в процессе накопления на состав поезда, ч;  $N_n^{c\phi}$  – количество накопившихся составов за сутки;  $K_{gp}$  – количество групп вагонов, поступающих в процесс накопления вагонов на состав поезда.

Для станции в целом вагоно-часы суммируются по всем назначениям плана формирования:

$$V_n = \sum_{j=1}^{K_n} V_{nj}, \quad (5.18)$$

где  $K_n$  – количество назначений ПФ на станции А;  $n_n$  – количество накопившихся вагонов за сутки на  $j$ -е назначение ПФ.

Для станции в целом количество вагонов в составах накопившихся поездов суммируются по всем назначениям плана формирования:

$$n_n = \sum_{j=1}^{K_n} n_{nj}. \quad (5.19)$$

Ведомости расчета показателей процесса накопления вагонов приведены в таблицах 5.2 и 5.3.

Таблица 5.2 – Ведомость расчета показателей процесса накопления вагонов

Назначение	Вагоно-часы накопления $V_n$	Количество накопившихся вагонов за сутки $n_n$	Количество накопившихся составов $N_n$	Средний простой $t_n$ , ч	Средний состав $m_n$ , вагон	Параметр накопления $c$ , ч
А-Б	545,5	108	2	5,1	54,0	10,1
Б	780,0	132	2	5,9	66,0	11,8
В	568,4	189	3	3,0	63,0	9,0
Г	650,3	316	5	2,1	63,2	10,3
Д+Е	839,9	660	11	1,3	60,0	14,0
Т	802,4	360	6	2,2	60,0	13,4
А-Л	339,6	71	2	4,8	35,5	9,6
Л+И	912,0	422	7	2,2	60,3	15,1
К	904,2	306	5	3,0	61,2	14,8
З	914,0	264	4	3,5	66,0	13,8
А-М	623,7	102	2	6,1	51,0	12,2
М	572,8	180	3	3,2	60,0	9,5
Н	702,3	248	4	2,8	62,0	11,3
О+П	905,5	558	9	1,6	62,0	14,6
<i>Итого</i>	10060,6	3916	65	2,6	60,2	11,9

Таблица 5.3 – Ведомость расчета показателей процесса накопления вагонов на пунктах местной работы

Пункт местной работы	Вагоно-часы накопления на подачу $V_n$	Количество накопившихся вагонов на подачу за сутки $n_n$	Количество накопившихся подач $X_{пу}$	Средний простой под накоплением $t_n$ , ч	Средняя величина подачи $m_n$ , вагон
ГД	302	99	4	3,05	24,8
Завод	321	121	6	2,65	20,2
<i>Итого</i>	623	220	10	2,85	22,5

**Пример 5.2.** Определить вагоно-часы простоя под накоплением для назначения А-Л (сборный поезд). За сутки было отправлено два сборных поезда.

*Решение.*

$$V_n^{А-Л} = \frac{1}{60} (14 \cdot 122 + 17 \cdot 118 + 20 \cdot 25 + 26 \cdot 80 + 32 \cdot 48 + 38 \cdot 8 + 6 \cdot 56 + 12 \cdot 192 + 18 \cdot 140 + 24 \cdot 131 + 30 \cdot 18 + 33 \cdot 68 + 6 \cdot 180 + 9 \cdot 8) = 339,6 \text{ ваг} \cdot \text{ч}.$$

Значение параметра  $t_{\text{оф}}$  определяется по формуле

$$t_{\text{оф}} = \frac{B_{\text{оф}}}{n_{\text{оф}}}, \quad (5.20)$$

где  $B_{\text{оф}}$  – вагоно-часы простоя транзитных вагонов с переработкой при выполнении операций окончания формирования на вытяжных путях, включая перестановку составов на пути отправления, ваг-ч,

$$B_{\text{оф}} = B_{\text{оф}}^{\text{т.о}} + B_{\text{оф}}^{\text{ож.оф}} + B_{\text{оф}}^{\text{ож.пер}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{оф}}^{\text{с/п}}} m_i t_{\text{оф}i}^{\text{т.о}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{оф}}^{\text{с/п}}} m_i t_{\text{оф}i}^{\text{ож.оф}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{оф}}^{\text{с/п}}} m_i t_{\text{оф}i}^{\text{ож.пер}}, \quad (5.21)$$

где  $t_{\text{оф}i}^{\text{т.о}}$ ,  $t_{\text{оф}i}^{\text{ож.оф}}$ ,  $t_{\text{оф}i}^{\text{ож.пер}}$  – простой  $i$ -го состава поезда, накопившегося на станции А, соответственно при выполнении операций окончания формирования, ожидания выполнения операций окончания формирования и ожидания перестановки состава на пути отправления, ч.

При постоянных значениях продолжительности выполнения операций  $t_{\text{оф}i}^{\text{т.о}}$  определяется по формуле

$$t_{\text{оф}i}^{\text{т.о}} = t_{\text{оф}}^{\text{в}} + t_{\text{пер}}, \quad (5.22)$$

где  $t_{\text{оф}}^{\text{в}}$  – средний простой вагонов при выполнении операций окончания формирования составов поездов на вытяжных путях, ч:

$$t_{\text{оф}}^{\text{в}} = \frac{N_{\text{оф}}^{\text{одн}} t_{\text{оф}}^{\text{одн}} + N_{\text{оф}}^{\text{дв}} t_{\text{оф}}^{\text{дв}} + N_{\text{оф}}^{\text{сб}} t_{\text{оф}}^{\text{сб}}}{N_{\text{оф}}^{\text{одн}} + N_{\text{оф}}^{\text{дв}} + N_{\text{оф}}^{\text{сб}}}, \quad (5.23)$$

где  $N_{\text{оф}}^{\text{одн}}$ ,  $N_{\text{оф}}^{\text{дв}}$ ,  $N_{\text{оф}}^{\text{сб}}$  – количество соответственно одногруппных, двухгруппных и сборных поездов, формируемых на вытяжных путях;  $t_{\text{оф}}^{\text{одн}}$ ,  $t_{\text{оф}}^{\text{дв}}$ ,  $t_{\text{оф}}^{\text{сб}}$  – затраты времени на выполнение операций формирования соответственно одногруппных, двухгруппных и сборных поездов, включая операции перестановки составов на пути отправления (при наличии ПО).

Простой  $t_{\text{оф}i}^{\text{ож.оф}}$ ,  $t_{\text{оф}i}^{\text{ож.пер}}$  определяются по ГМРС для каждого состава, который имеет межоперационный простой (см. рисунок 5.9).

Значение параметра  $t_{\text{по}}$  определяется по формуле

$$t_{\text{по}} = \frac{B_{\text{по}}}{n_{\text{по}}}, \quad (5.24)$$

где  $n_{\text{по}}$  – число отправленных вагонов со станции А за сутки,

$$n_{\text{по}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{по}}^{c/\text{п}}} m_i, \quad (5.25)$$

$N_{\text{по}}^{c/\text{п}}$  – число отправленных поездов своего формирования за сутки, поездов; устанавливается по ниткам графика движения поездов;

$V_{\text{по}}$  – вагоно-часы простоя транзитных вагонов с переработкой при обработке поездов по отправлению со станции А,

$$V_{\text{по}} = V_{\text{по}}^{\text{т.о}} + V_{\text{по}}^{\text{ож.т.о}} + V_{\text{по}}^{\text{ож.о}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{оп}}^{c/\text{п}}} m_i t_{\text{по}i}^{\text{т.о}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{по}}^{c/\text{п}}} m_i t_{\text{по}i}^{\text{ож.т.о}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{по}}^{c/\text{п}}} m_i t_{\text{по}i}^{\text{ож.о}}, \quad (5.26)$$

$t_{\text{по}i}^{\text{т.о}}$ ,  $t_{\text{по}i}^{\text{ож.т.о}}$ ,  $t_{\text{по}i}^{\text{ож.о}}$  – простой  $i$ -го состава поезда, предъявленного к отправлению, соответственно при выполнении технологических операций, ожидании выполнения технических операций обслуживания состава поезда на путях отправления и ожидании отправления со станции, ч.

При постоянных значениях продолжительности выполнения операций

$$t_{\text{по}i}^{\text{т.о}} = t_{\text{по}}^{\text{закр}} + t_{\text{по}}^{\text{уб.мл}} + t_{\text{по}}^{\text{пто(пко)}} + t_{\text{по}}^{\text{з.пл}} + t_{\text{по}}^{\text{о.торм}} + t_{\text{по}}^{\text{с.закр}}, \quad (5.27)$$

где  $t_{\text{по}}^{\text{закр}}$ ,  $t_{\text{по}}^{\text{с.закр}}$  – затраты времени на выполнение операций соответственно по закреплению состава и снятию средств закрепления на путях отправления поезда, мин;  $t_{\text{по}}^{\text{уб.мл}}$  – затраты времени на выполнение маневровых операций по уборке маневрового локомотива от состава поезда, мин;  $t_{\text{по}}^{\text{пто(пко)}}$  – затраты времени на выполнение операций технического обслуживания предъявленного состава поезда (с учетом операций ограждения состава для выполнения операций обработки и снятия ограждения), мин;  $t_{\text{по}}^{\text{з.пл}}$  – затраты времени на выполнение маневровых операций заезда поезда локомотива под состав поезда для отправления с поездом, мин;  $t_{\text{по}}^{\text{о.торм}}$  – затраты времени на выполнение операций опробования тормозов состава поезда для отправления со станции, мин.

Простой  $t_{\text{по}i}^{\text{ож.т.о}}$ ,  $t_{\text{по}i}^{\text{ож.о}}$  определяются по ГМРС для каждого состава, который имеет межоперационный простой (см. рисунок 5.9).

**Средний простой одного местного вагона** определяется по формуле

$$t_M = t_{\text{пп}}^M + t_{\text{рф}} + t_{\text{н}}^{\text{под}} + t_{\text{подб}}^{\text{под}} + t_{\text{под}} + t_{\text{сб}}^M + t_{\text{расст}}^M + t_{\text{го}} + t_{\text{уб}} + \\ + t_{\text{подф}} + t_{\text{н}}^M + t_{\text{оф}}^M + t_{\text{по}}^M \quad (5.28)$$

где  $t_{\text{пп}}^M$  – средний простой одного местного вагона по прибытию с поездом на станцию, ч;  $t_{\text{рф}}$  – средний простой местного вагона в процессе накопления вагонов на состав поезда по назначениям ПФ, ч;  $t_{\text{н}}^{\text{под}}$  – средний простой местных вагонов под накоплением на подачу на местные пункты, ч;  $t_{\text{подб}}^{\text{под}}$  – средний простой местного вагона при выполнении операций подборки вагонов на подачу, ч;  $t_{\text{под}}$  – средний простой местного вагонов при выполнении технологических операций подачи вагонов на местные пункты, ч;  $t_{\text{сб}}^M$ ,  $t_{\text{расст}}^M$  – средний простой местных вагонов при выполнении технологических операций на расстановку и сборку вагонов на путях местных пунктов, ч;  $t_{\text{го}}$  – средний простой местных вагонов при выполнении грузовых операций на местных пунктах, ч;  $t_{\text{уб}}$  – средний простой местного вагонов при выполнении технологических операций уборки вагонов с местных пунктов, ч;  $t_{\text{подф}}$  – средний простой местного вагонов при выполнении технологических операций под формирования вагонов в процесс накопления, ч;  $t_{\text{н}}^M$  – средний простой местных вагонов под накоплением на состав поезда по назначениям ПФ станции, ч;  $t_{\text{оф}}^M$  – средний простой местного вагона в процессе выполнения технологических операций окончания формирования составов поездов, имеющих местные вагоны, ч;  $t_{\text{по}}^M$  – средний простой одного местного вагона при обработке состава поезда по отправлению со станции, ч.

Параметр  $t_{\text{пп}}^M$  рассчитывается по формуле (5.11), при этом простой учитывается только по тем поездам, в составе которых имеются местные вагоны, прибывшие на станцию.

Параметр  $t_{\text{н}}^{\text{под}}$  рассчитывается по формуле (5.16); пример расчета приведен в таблице 5.2.

Параметр  $t_{\text{подб}}^{\text{под}}$  рассчитывается как средневзвешенная величина исходя из времени подачи на грузовой двор  $t_{\text{подб}}^{\text{под,гд}}$  и предприятие (завод)  $t_{\text{подб}}^{\text{под,з}}$ , установленных в подразд. 4.2:

$$t_{\text{подб}}^{\text{под}} = \frac{t_{\text{подб}}^{\text{под,гд}} X_{\text{ф.пу}}^{\text{гд}} + t_{\text{подб}}^{\text{под,з}} X_{\text{ф.пу}}^{\text{з}}}{X_{\text{ф.пу}}^{\text{гд}} + X_{\text{ф.пу}}^{\text{з}}}, \quad (5.29)$$

где  $X_{\text{ф.пу}}^{\text{ГД}}$ ,  $X_{\text{ф.пу}}^3$  – фактическое количество подач-уборок вагонов; устанавливается по ГМРС (таблица 5.4);  $t_{\text{под}}^{\text{под.ГД}}$ ,  $t_{\text{под}}^{\text{под.3}}$  – затраты времени на подборку вагонов, ч; установлены в подразд. 4.2.

Параметр  $t_{\text{под}}$  рассчитывается как средневзвешенная величина исходя из времени подачи на грузовой двор  $t_{\text{под}}^{\text{ГД}}$  и предприятие (завод)  $t_{\text{под}}^3$ , установленных в подразд. 4.2:

$$t_{\text{под}} = \frac{t_{\text{под}}^{\text{ГД}} X_{\text{ф.пу}}^{\text{ГД}} + t_{\text{под}}^3 X_{\text{ф.пу}}^3}{X_{\text{ф.пу}}^{\text{ГД}} + X_{\text{ф.пу}}^3}, \quad (5.30)$$

где  $t_{\text{под}}^{\text{ГД}}$ ,  $t_{\text{под}}^3$  – затраты времени на подачу вагонов, ч; установлены в подразд. 4.2.

Параметры  $t_{\text{сб}}^{\text{М}}$ ,  $t_{\text{расст}}^{\text{М}}$  рассчитываются как средневзвешенная величина исходя из времени сборки вагонов на грузовом дворе  $t_{\text{сб}}^{\text{ГД}}$  и заводе  $t_{\text{сб}}^3$ , и времени расстановки вагонов на грузовом дворе  $t_{\text{расст}}^{\text{ГД}}$  и заводе  $t_{\text{расст}}^3$ , установленных в подразд. 4.2:

$$t_{\text{сб}}^{\text{М}} = \frac{t_{\text{сб}}^{\text{ГД}} X_{\text{ф.пу}}^{\text{ГД}} + t_{\text{сб}}^3 X_{\text{ф.пу}}^3}{X_{\text{ф.пу}}^{\text{ГД}} + X_{\text{ф.пу}}^3}, \quad (5.31)$$

$$t_{\text{расст}}^{\text{М}} = \frac{t_{\text{расст}}^{\text{ГД}} X_{\text{ф.пу}}^{\text{ГД}} + t_{\text{расст}}^3 X_{\text{ф.пу}}^3}{X_{\text{ф.пу}}^{\text{ГД}} + X_{\text{ф.пу}}^3}. \quad (5.32)$$

Параметр  $t_{\text{го}}$  рассчитывается на основании ГМРС по формуле:

$$t_{\text{го}} = \frac{B_{\text{го}}}{n_{\text{М}}}, \quad (5.33)$$

где  $B_{\text{го}}$  – вагоно-часы простоя вагонов при выполнении грузовых операций, ваг·ч, определяются по формуле

$$B_{\text{го}} = B_{\text{го}}^{\text{ГД}} + B_{\text{го}}^3 = \sum_{i=1}^{X_{\text{пу}}^{\text{ГД}}} m_i t_{\text{го}i}^{\text{ГД}} + \sum_{i=1}^{X_{\text{го}}^3} m_i t_{\text{го}i}^3, \quad (5.34)$$

где  $t_{\text{го}i}^{\text{ГД}}$ ,  $t_{\text{го}i}^3$  – простой  $i$ -й группы вагонов, поданных на местные пункты, ч; определяется отдельно для грузового двора и предприятия (завода) по ГМРС от момента подачи вагонов на местный пункт до момента уборки с местного пункта;  $m_i$  – число вагонов в группе.



Таблица 5.4 – Ведомость распределения убираемых с местных пунктов вагонов

Подача	Число вагонов в подаче	Время подачи, ч-мин	Уборка	Время уборки, ч-мин	Назначение вагонов по плану формирования и регулировке									Итого
					Б	В	Г	Т	М	Н	К	И	Местный пункт (завод)	
Грузовой двор														
1	6	0-36	1	1-40	5	3	2							10
2	14	3-42	2	4-46		4			2					6
...														
8	16	22-22	8	23-26			0/15							0/15
<i>Итого</i>					10	13	8/34 <sup>1)</sup>	15	10	16	12	14	0/10 <sup>2)</sup>	
Подъездной путь завода														
1	12	0-36	1	1-40				6	3	2				10
2	10	3-42	2	4-46		8			4					12
...														
9	16	22-22	9	23-26										15
<i>Итого</i>					5	15	10	12	7	8	5	10	–	
<b>Всего</b>					15	28	18/34	27	17	24	17	24	0/10	
<sup>1)</sup> Излишние порожние вагоны, отправляемые по регулировке на назначение Г. <sup>2)</sup> Излишек порожних вагонов, подаваемых с грузового двора на подъездной путь завода, при возникновении внутриванционной регулировки.														

Параметр  $t_{y6}$  рассчитывается как средневзвешенная величина исходя из времени уборки с грузового двора  $t_{под}^{ГД}$  и предприятия (завода)  $t_{под}^3$ , установленных в подразд. 4.2:

$$t_{y6} = \frac{t_{y6}^{ГД} X_{ф.пу}^{ГД} + t_{y6}^3 X_{ф.пу}^3}{X_{ф.пу}^{ГД} + X_{ф.пу}^3}, \quad (5.35)$$

где  $t_{y6}^{ГД}$ ,  $t_{y6}^3$  – затраты времени на уборку вагонов, ч; установлены в подразд. 4.2.

Параметр  $t_{подф}$  рассчитывается как средневзвешенная величина исходя из времени подформирования вагонов с грузового двора  $t_{подф}^{ГД}$  и предприятия (завода)  $t_{подф}^3$ , установленных в подразд. 4.2:

$$t_{подф} = \frac{t_{подф}^{ГД} X_{ф.пу}^{ГД} + t_{подф}^3 X_{ф.пу}^3}{X_{ф.пу}^{ГД} + X_{ф.пу}^3}, \quad (5.36)$$

где  $t_{подф}^{ГД}$ ,  $t_{подф}^3$  – затраты времени на подформирование вагонов, ч; установлены в подразд. 4.2.

Параметр  $t_n^M$  рассчитывается по формулам (5.16)–(5.18). В расчетах учитываются местные вагоны, находящиеся в процессе накопления по соответствующим назначениям ПФ, установленным в задании. Рассчитывается на основании ГМРС.

Параметр  $t_{оф}^M$  рассчитывается по формулам (5.20)–(5.22).

Параметр  $t_{по}^M$  рассчитывается по формуле (5.23); простой учитывается только по тем поездом, в составе которых имеются местные вагоны, отправляемые со станции А.

Параметр накопления вагонов на состав рассчитывается по каждому назначению и в целом по станции (см. таблицу 5.2).

$$c_j = \frac{B_{nj}}{\bar{m}_{oj}}, \quad (5.37)$$

где  $\bar{m}_{oj}$  – средний состав поезда на  $j$ -е назначение,

$$\bar{m}_{oj} = \frac{n_{oj}}{N_{oj}}. \quad (5.38)$$

Параметр накопления по станции в целом рассчитывается по формуле

$$c = \frac{B_n}{K_n \bar{m}_o}, \quad (5.39)$$

где  $K_n$  – число назначений ПФ на станции;  $\bar{m}_o$  – средний состав поезда своего формирования, отправленного со станции,

$$\bar{m}_o = \frac{n_o}{N_o}. \quad (5.40)$$

Время простоя местного вагона, приходящееся на одну грузовую операцию,

$$t_M^{гр} = \frac{t_M}{K_{сд}}, \quad (5.41)$$

где  $K_{сд}$  – коэффициент сдвоенных операций:

$$K_{сд} = \frac{U_{п} + U_{в}}{n_M}. \quad (5.42)$$

Фактические значения погрузки  $U_{п}$  и выгрузки  $U_{в}$  вагонов, местных вагонов  $n_M$  устанавливаются по ГМРС. При расчете числа местных вагонов учитываются вагоны, с которыми осуществленные одна  $n_M^{од}$  и две  $n_M^{сд}$  грузовые операции:

$$n_M = n_M^{од} + n_M^{сд}. \quad (5.43)$$

**Пример 5.3.** Исходные данные графической модели.

$$K_{сд} = \frac{63+210}{147+63} = 1,3; \quad t_M^{гр} = \frac{12,2}{1,3} = 9,4 \text{ ч.}$$

*Решение.*

Простой вагонов на станции может быть упрощенно определен способом безномерного учета по отчетной форме ДУ-9 (таблица 5.5), в которой ведется почасовой учет прибытия и отправления вагонов соответствующих категорий (без переработки, с переработкой и местных) в грузовых поездах.

Средний простой вагона  $i$ -й категории вычисляется по формуле:

$$t_i = \frac{2V_i}{n_{пi} + n_{oi}}, \quad (5.44)$$

где  $V_i$  – вагоно-часы простоя за сутки вагонов  $i$ -й категории, определяются как сумма почасовых остатков вагонов, ваг·ч;  $n_{пi}$ ,  $n_{oi}$  – количество соответственно прибывших за сутки и отправленных вагонов, определяется по графе «Итого» (см. таблицу 5.5).

Таблица 5.5 – Определение простоя вагонов безномерным способом

Часы суток	Транзит без переработки			Транзит с переработкой			Местные		
	прибыло	убыло	остаток	прибыло	убыло	остаток	прибыло	убыло	остаток
Остаток с предыдущих суток	–	–	0	–	–	640	–	–	25
0-1	140	70	70	140	280	500	6	–	31
1-2	70	70	70	140	210	430	6	–	37
2-3	70	70	70	240	280	390	12	15	34
3-4	0	70	0	140	70	460	9	–	43
4-5	140	70	70	210	70	600	9	15	37
5-6	0	70	0	70	210	460	9	–	46
6-7	70	70	0	240	168	532	6	23	29
7-8	0	0	0	240	210	562	18	–	47
8-9	70	70	0	140	45	657	6	11	42
9-10	70	0	70	70	186	541	6	12	36
10-11	0	70	0	210	280	471	12	–	48
11-12	140	70	70	140	210	401	6	23	31
12-13	70	140	0	140	70	471	9	–	40
13-14	70	70	0	210	140	541	12	–	52
14-15	70	70	0	140	140	541	3	11	44
15-16	70	0	70	240	87	694	6	12	38
16-17	140	140	70	140	210	624	9	–	47
17-18	0	70	0	210	280	554	15	12	50
18-19	70	70	0	210	177	587	6	11	45
19-20	70	0	70	140	280	447	3	11	37
20-21	70	140	0	140	96	491	9	–	46
21-22	140	70	70	140	140	491	6	12	40
22-23	70	140	0	210	140	561	6	–	46
23-24	70	70	0	210	210	561	12	11	47
<b>Итого</b>	<b>1680</b>	<b>1680</b>	<b>700</b>	<b>4110</b>	<b>4189</b>	<b>12567</b>	<b>201</b>	<b>179</b>	<b>993</b>

**Пример 5.4.** Определить средние простои вагонов различных категорий по данным таблицы 5.5.

*Решение.*

$$t_{\text{в/п}} = \frac{2 \cdot 700}{1680 + 1680} = 0,42 \text{ ч}; \quad t_{\text{с/п}} = \frac{2 \cdot 12567}{4110 + 4189} = 3,0 \text{ ч}; \quad t_{\text{м}} = \frac{2 \cdot 993}{201 + 179} = 5,2 \text{ ч}.$$

### 5.4.3 Расчет показателей использования технических средств и подвижного состава на станции

На основе установленных в п. 5.4.1 количества отправленных вагонов без переработки, с переработкой, местных, а также соответствующих простоев вагонов (п. 5.4.2) производится расчет среднесуточного парка вагонов на станции

$$\bar{R} = \frac{n_o^{\delta/\Pi} t_{\delta/\Pi} + n_o^{c/\Pi} t_{c/\Pi} + n_o^M t_M}{24}. \quad (5.45)$$

На станции устанавливается рабочий парк вагонов на начало построения графической модели работы станции  $R_0$  и на конец  $R_{24}$ .

В проекте производится сравнительный анализ состояния станции по изменению рабочего парка вагонов:

$$R = \begin{cases} R_0 \\ \bar{R} \\ R_{24} \end{cases}. \quad (5.46)$$

Использование сортировочных устройств (сортировочной горки и вытяжных путей) оценивается по значению коэффициента:

– для сортировочной горки (при организации последовательного распуска состава):

$$k_{\text{исп}}^G = \frac{N_p(t_n + t_p + \Delta t_{\text{зсг}}) + (N_{\text{оф.г}}^{\text{одн}} t_{\text{оф.г}}^{\text{одн}} + N_{\text{оф.г}}^{\text{дв}} t_{\text{оф.г}}^{\text{дв}} + N_{\text{оф.г}}^{\text{сб}} t_{\text{оф.г}}^{\text{сб}})}{1440\alpha_G - T_{\text{пост}}^G}, \quad (5.47)$$

– для вытяжных путей:

$$k_{\text{исп}}^B = \frac{N_{\text{оф.в}}^{\text{одн}} t_{\text{оф.в}}^{\text{одн}} + N_{\text{оф.в}}^{\text{дв}} t_{\text{оф.в}}^{\text{дв}} + N_{\text{оф.в}}^{\text{сб}} t_{\text{оф.в}}^{\text{сб}} + N_{\text{пер}} t_{\text{пер}}}{(1440\alpha_B - T_{\text{пост}}^B)\Pi_B}, \quad (5.48)$$

где  $N_p$ ,  $N_{\text{пер}}$  – количество соответственно распускаемых с горки и переставляемых на пути отправления составов грузовых поездов за сутки;  $\alpha_G$ ,  $\alpha_B$  – коэффициенты, учитывающие возможные перерывы в использовании сортировочных устройств из-за враждебности передвижений (0,95–0,97);  $T_{\text{пост}}^G$ ,  $T_{\text{пост}}^B$  – затраты времени на выполнение ремонтно-профилактических работ сортировочных устройств, мин (в проекте принимается 60 мин);  $\Pi_B$  – количество вытяжных путей (с учетом параллельности выполнения операций окончания формирования).

Оценка использования маневровых локомотивов осуществляется на основе ГМРС по значению коэффициента загрузки

$$\gamma_{\text{м.л}} = \frac{T_{\text{ман}}(1 + \rho_{\text{тех}})}{(1440\alpha_c - T_{\text{пост}})M_{\text{м.л}}}, \quad (5.49)$$

где  $T_{\text{ман}}$  – затраты времени на выполнение маневровой работы за сутки, мин;  $\rho_{\text{тех}}$  – коэффициент, учитывающий отказы технических устройств станции (принимается 0,04–0,12);  $\alpha_c$  – коэффициент, учитывающий возможные перерывы в использовании локомотива из-за враждебных передвижений (принимается 0,93–0,95);  $T_{\text{пост}}$  – среднесуточный простой маневрового локомотива в связи с выполнением операций экипировки, смены локомотивных бригад, мин, определяемый по формуле

$$T_{\text{пост}} = z_{\text{эк}}T_{\text{эк}} + z_{\text{см}}T_{\text{см}}, \quad (5.50)$$

где  $z_{\text{эк}}$  – число экипировок маневрового локомотива за сутки;  $z_{\text{см}}$  – число смен локомотивных бригад за сутки;  $T_{\text{эк}}$ ,  $T_{\text{см}}$  – затраты времени соответственно на экипировку маневровых локомотивов и смену локомотивных бригад, мин.

Затраты времени  $T_{\text{ман}}$  складываются из времени на выполнение маневровых операций по видам деятельности: расформирование-формирование, работа с транзитными без переработки поездами, местная работа, работа с пассажирскими вагонами и поездами, с вагонами, отнесенными к категории прочих.

При специализации маневровых локомотивов по видам маневровой работы коэффициент загрузки рассчитывается для каждого маневрового района: сортировочной горки (расформирование-формирование), вытяжных путей (формирование), местных пунктов (подача и уборка местных вагонов).

Затраты времени  $T_{\text{ман}}$  для маневрового района сортировочной горки включают:

$$T_{\text{ман}}^{\text{Г}} = N_{\text{р}}(t_{\text{з}} + t_{\text{сн}} + t_{\text{в}} + t_{\text{н}} + t_{\text{р}} + \Delta t_{\text{зг}}) + N_{\text{ос}}t_{\text{ос}} + (N_{\text{оф.г}}^{\text{одн}}t_{\text{оф.г}}^{\text{одн}} + N_{\text{оф.г}}^{\text{дв}}t_{\text{оф.г}}^{\text{дв}} + N_{\text{оф.г}}^{\text{сб}}t_{\text{оф.г}}^{\text{сб}}). \quad (5.51)$$

Затраты времени  $T_{\text{ман}}$  для маневрового района вытяжных путей включают:

$$T_{\text{ман}}^{\text{В}} = (N_{\text{оф.в}}^{\text{одн}}t_{\text{оф.в}}^{\text{одн}} + N_{\text{оф.в}}^{\text{дв}}t_{\text{оф.в}}^{\text{дв}} + N_{\text{оф.в}}^{\text{сб}}t_{\text{оф.в}}^{\text{сб}}) + N_{\text{пер}}^{\text{по}}(t_{\text{пер}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{обр}} + t_{\text{обр}}) + N_{\text{соп}}(t_{\text{закр}} + t_{\text{обр}}), \quad (5.52)$$

где  $N_{\text{пер}}^{\text{по}}$ ,  $N_{\text{соп}}$  – количество составов, отправляемых соответственно с парка отправления и сортировочно-отправочного парка.

Затраты времени  $T_{\text{ман}}^{\text{м}}$  для маневрового района по обслуживанию местных пунктов рассчитываются по формуле (4.13).

Коэффициент загрузки маневрового локомотива  $\gamma_{\text{м.л}}$  не должен превышать 0,84. Минимальное значение коэффициента загрузки зависит от числа маневровых локомотивов, работающих на станции. В практических расчетах минимальное значение коэффициента загрузки на станциях следует принимать:

при  $M_{\text{м.л}} = 2$ :  $\gamma_{\text{м.л}} > 0,4$ ;

при  $M_{\text{м.л}} = 3$ :  $\gamma_{\text{м.л}} > 0,57$ ;

при  $M_{\text{м.л}} = 4$ :  $\gamma_{\text{м.л}} > 0,64$ ;

при  $M_{\text{м.л}} = 5$ :  $\gamma_{\text{м.л}} > 0,68$ .

Если значение  $\gamma_{\text{м.л}}$  меньше допустимого, то необходимо перераспределить выполнение маневровых операций между локомотивами, работающими на станции.

Производительность маневровых локомотивов определяется количеством перерабатываемых одним маневровым локомотивом приведенных вагонов:

$$W_{\text{м.л}} = \frac{n_{\text{прив}}}{M_{\text{м.л}}}, \quad (5.53)$$

где  $n_{\text{прив}}$  – количество приведенных вагонов, перерабатываемых на станции.

На сортировочной станции А преобладают затраты времени на маневровую работу с транзитным с переработкой вагонопотоком, то приведенные вагоны определяются по формуле

$$n_{\text{прив}}^{c/\text{п}} = n_{c/\text{п}} + k_{\text{б/п}}^{c/\text{п}} n_{\text{б/п}} + k_{\text{м}}^{c/\text{п}} n_{\text{м}} + k_{\text{пас}}^{c/\text{п}} n_{\text{пас}} + k_{\text{пр}}^{c/\text{п}} n_{\text{пр}}, \quad (5.54)$$

где  $n_{c/\text{п}}$ ,  $n_{\text{б/п}}$ ,  $n_{\text{м}}$  – среднесуточное количество соответственно транзитных с переработкой, транзитных без переработки и местных вагонов, отправляемых со станции;  $n_{\text{пас}}$  – среднесуточное количество обрабатываемых на станции пассажирских вагонов;  $n_{\text{пр}}$  – среднесуточное количество обрабатываемых на станции прочих вагонов;  $k_{\text{б/п}}^{c/\text{п}}$ ,  $k_{\text{м}}^{c/\text{п}}$ ,  $k_{\text{пас}}^{c/\text{п}}$ ,  $k_{\text{пр}}^{c/\text{п}}$  – коэффициенты приведения соответственно транзитного без переработки, местного, пассажирского, прочего вагонопотока к транзитному с переработкой. Так как по заданию маневровая

работа с транзитными вагонами без переработки, пассажирскими и прочими не предусмотрена, то рассчитывается только коэффициент приведения  $k_M^{c/\pi}$ :

$$k_M^{c/\pi} = \frac{t_{\text{ман}}^M}{t_{\text{ман}}^{c/\pi}}, \quad (5.55)$$

где  $t_{\text{ман}}^M$  – затраты времени на выполнение маневровой работы (включая расформирование, формирование, окончание формирования), приходящиеся на один местный вагон, лок·мин;  $t_{\text{ман}}^{c/\pi}$  – затраты времени на выполнение маневровой работы, приходящиеся на один транзитный вагон с переработкой, лок·мин.

Затраты времени на маневровую работу по виду выполняемой работы определяются по формулам:

$$t_{\text{ман}}^{c/\pi} = \frac{T_{\text{ман}}^{c/\pi}}{n_{c/\pi}}, \quad (5.56)$$

$$t_{\text{ман}}^M = \frac{T_{\text{ман}}^M}{n_M}, \quad (5.57)$$

где  $T_{\text{ман}}^{c/\pi}$ ,  $T_{\text{ман}}^M$  – суммарные затраты времени соответственно на выполнение маневровой работы с транзитными с переработкой и местными вагонами на станции.

Значения указанных параметров определяются на основании ГМРС. Затраты времени на маневровую работу с транзитными с переработкой вагонами включают:

$$T_{\text{ман}}^{c/\pi} = T_{\text{ман}}^\Gamma + T_{\text{ман}}^B. \quad (5.58)$$

Затраты времени на маневровую работу с местными вагонами включают затраты времени по операциям при обслуживании местных пунктов, рассчитанных по формуле (4.5).



## 6 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА И ЧЕРТЕЖИ

Проект состоит из пояснительной записки и чертежа с графической моделью эксплуатационной работы станции. Выше этой модели изображается схема станции в путях. Подробная детализация горловин необязательна, но должны быть четко выделены пучки путей, с тем чтобы легко устанавливать параллельные и враждебные маршруты.

Пояснительная записка к проекту должна представлять краткое описание выполненных расчетов, изложение и обоснование предлагаемых автором решений. Составляется она в соответствии с рубрикацией, предусмотренной заданием. Каждый раздел должен начинаться с новой страницы. Подраздел можно начинать на частично заполненной странице, если на ней вмещается название подраздела и не менее одной строки текста. Надо стремиться к тому, чтобы в начале каждого раздела и подраздела была сформулирована цель исследования, а в конце изложены краткие выводы.

В тексте необходимо делать ссылки на литературные источники, из которых заимствованы формулы, методика расчетов, нормативы, исходные данные или отдельные рекомендации.

Все помещаемые в пояснительной записке таблицы должны иметь названия, а рисунки – подрисуночные подписи. На каждую таблицу и рисунок в тексте необходимо дать ссылку в том месте, где излагаются положения. Слова «таблица» и «рисунок» при ссылке на них пишут полностью. *Например, «показатели, приведенные в таблице 1.2», «схема станции показана на рисунке 2.1».* Слово «таблица» непосредственно над таблицей всегда пишется полностью и помещается выше таблицы в верхнем левом углу.

Все таблицы, рисунки и основные формулы должны быть пронумерованы. Порядковая нумерация может быть сквозной по всей пояснительной записке или по разделам. В последнем случае внутри каждого раздела нумерация элементов состоит из номера раздела и

порядкового номера элемента в разделе. Между ними ставится разделитель – точка. *Например*, «рисунок 3.1», т. е. рисунок 1 из раздела 3.

Таблицы и рисунки, выполненные на отдельных листах, располагают сразу за страницей, на которой имеется первая ссылка на них.

На все таблицы и рисунки должны быть ссылки. Небольшие рисунки и таблицы могут располагаться внутри текста ниже первой ссылки на них. Любая таблица или рисунок должны иметь достаточно подробный комментарий в тексте. Необходимо помнить, что основную информацию читатель получает из текста, а таблицы и рисунки лишь углубляют и расширяют излагаемый материал, позволяя более наглядно и кратко его представить.

Пояснительная записка может иметь приложения, которые размещают в самом ее конце. Следует иметь в виду, что в приложения можно внести материал, имеющий вспомогательное значение для понимания текста. Содержание приложений студент должен согласовать с руководителем проектирования. Приложения литеруют заглавными русскими буквами в алфавитном порядке (Приложение А, Б, В, ...).

Пояснительная записка является результатом самостоятельного творчества студента и поэтому не допускается переписывание из учебников, пособий и т. д. Текст записки должен быть индивидуальным, кратким, четким, формулировки однозначными. Пояснительная записка должна быть написана и оформлена в соответствии с требованиями к проектам.

Важной частью пояснительной записки являются общие выводы автора. В них обобщаются ранее сделанные краткие выводы по разделам проекта. Необходимо особо подчеркнуть, какие итоги получены в результате разработки данного проекта, сравнить их с показателями эксплуатационной работы сортировочных станций железной дороги или показателями, установленными в ТНПА.

После общих выводов приводится перечень использованной литературы. Пояснительная записка должна быть подписана автором с проставлением даты окончания разработки проекта. Все листы пояснительной записки вместе с заданием должны быть скреплены, сшиты и пронумерованы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов / П. С. Грунтов [и др.]; под ред. П. С. Грунтова и Ф. П. Кочнева. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.
- 2 **Кочнев, П. Ф.** Управление эксплуатационной работой железных дорог / П. Ф. Кочнев, И. Б. Сотников. – М. : Транспорт, 1990. – 424 с.
- 3 **Грунтов, П. С.** Управление и технология работы сортировочной станции : метод. указания по вып. курсового проекта / П. С. Грунтов, В. А. Захаров. – Гомель : БелИИЖТ, 1990. – 53 с.
- 4 **Грунтов, П. С.** Эксплуатационная надежность станций / П. С. Грунтов. – М. : Транспорт, 1986. – 247 с.
- 5 Технология работы участковых и сортировочных станций / под ред. И. Г. Тихомирова. – М. : Транспорт, 1973. – 272 с.
- 6 **Кузнецов, В. Г.** Техническое нормирование маневровой работы / В. Г. Кузнецов, Ф. П. Пищик. – Гомель : БелГУТ, 2006. – 83 с.
- 7 СТП 15.249-2012 Типовой технологический процесс работы сортировочной и участковой станций Белорусской железной дороги. – Минск : Бел. ж. д., 2012. – 231 с.
- 8 Правила технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь. – Минск, 2016. – 160 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

*(обязательное)*

**Пример разложения составов транзитных грузовых поездов,  
прибывших в расформирование, по назначениям ПФ  
и на пункты выполнения грузовых операций**

*Таблица А.1 – Разложение составов, прибывших с направления Б*

Но- мер по- езда	Время прибы- тия, ч-мин	Назначение вагонов и их количество в составе поезда										Под выгрузку		Итого
		А-Л	Л	К	И	З	А-М	М	Н	О	П	МОП	МНО	
2102	0:25	-	6	9	3	6	-	6	9	12	6	3	-	60
2104	2:30	-	12	3	3	-	6	9	12	6	6	-	3	60
2106	2:40	3	6		6	9	-	12	6	3	9	6	-	60
2108	2:55	6	3		12	9	-	3	9	6	6	6	-	60
2110	3:45	-	-	12	3	12	3	-	6	9	9	-	6	60
2112	4:05	-	6	3	12	3	3	6	9	6	12	-	-	60
2114	4:30	3	3	6	-	-	12	-	6	12	9	3	6	60
2116	5:00	-	15	-	6	6	3	-	12	6	12	-	-	60
2118	5:15	9	3	3	9	9	-	9	-	6	9	-	3	60
2120	6:00	-	6	-	12	6	9	-	6	9	9	3	-	60
2122	6:25	-	12	3	15	9	-	6	9	-	-	6	-	60
2124	6:55	6	3	9	3	12	3	-	-	9	6	-	9	60
2126	7:30	6	9	6	-	18	-	6	-	6	9	-	-	60
2128	8:00	-	-	6	12	6	9	-	6	12	6	-	3	60
2130	8:50	-	6	15	6	9	-	6	-	9	3	6	-	60
2132	9:15	-	12	9	3	6	9	3	-	9	3	-	6	60
2134	10:15	-	12	6	9	9	-	6	3	6	6	3	-	60
2136	11:35	-	9	3	12	9	3	-	6	9	-	-	9	60
2138	11:55	3	9	-	9	6	-	6	9	12	6	-	-	60
2140	13:40	-	9	3	12	9	3	6	6	6	6	-	-	60
2142	13:50	3	-	9	6	9	6	-	6	12	6	-	3	60
2144	14:05	9	9	6	15	3	6	-	-	-	12	-	-	60
2146	15:25	-	6	9	-	9	6	3	9	12	6	-	-	60
2148	16:00	3	-	9	12	9	-	6	9	3	6	3	-	60
2150	16:20	-	6	3	-	12	-	9	9	9	6	6	-	60
2152	17:05	-	3	6	12	9	-	6	6	3	12	3	-	60
2154	18:15	-	-	9	12	9	-	12	6	6	6	-	-	60
2156	18:40	6	3	9	12	6	-	-	6	6	9	3	-	60
2158	19:10	-	9	6	-	6	6	9	3	12	6	-	3	60
2160	20:00	-	6	3	18	9	6	-	3	6	6	3	-	60
2162	21:15	-	6	-	12	9	3	6	9	9	6	-	-	60
2164	22:50	3	-	6	-	12	-	6	12	6	12	3	-	60
2166	23:05	6	-	-	6	6	-	9	6	15	9	-	3	60
2168	23:50	-	6	-	9	-	3	12	9	9	12	-	-	60
<i>Всего</i>		66	195	171	261	261	99	162	207	261	246	57	54	2040

Таблица А.2 – Разложение составов, прибывших с направления Л

Номер поезда	Время прибытия, ч-мин	Назначение вагонов и их количество в составе поезда												Под выгрузку		Итого
		А-Б	Б	В	Г	Д	Е	Т	А-М	М	Н	О	П	МОП	МНО	
2701	1:20	-	6	3	9	6	15	12	-	-	3	-	-	-	6	60
2703	2:15	3	-	12	-	18	6	9	-	3	-	3	-	6	-	60
2705	6:15	-	6	-	12	15	9	12	-	-	3	-	-	3	-	60
2707	7:20	9	6	-	6	15	6	9	-	3	3	-	-	3	-	60
2709	9:25	6	-	15	6	15	3	6	-	3	-	3	-	-	3	60
2711	10:30	-	9	3	3	12	15	12	-	3	-	-	3	-	-	60
2713	12:35	-	3	6	6	15	9	9	-	-	3	3	-	6	-	60
2715	13:25	9	-	9	-	9	9	15	-	-	3	-	-	-	6	60
2717	15:15	-	-	9	9	15	9	6	-	3	-	3	-	-	6	60
2719	17:00	6	-	6	-	15	12	9	3	-	3	-	-	6	-	60
2721	17:45	-	3	9	15	6	12	9	-	-	-	-	3	-	3	60
2723	19:30	3	-	12	3	15	12	6	-	-	-	3	-	-	6	60
2725	20:25	-	6	6	12	15	3	15	-	3	-	-	-	-	-	60
2727	22:20	3	-	6	9	6	15	15	-	-	3	-	-	3	-	60
2729	23:25	-	3	15	-	12	3	21	-	-	-	3	-	-	3	60
<i>Всего</i>		39	42	111	90	189	138	165	3	18	21	18	6	27	33	900

Таблица А.3 – Разложение составов, прибывших с направления М

Номер поезда	Время прибытия, ч-мин	Назначение вагонов и их количество в составе поезда											Под выгрузку		Итого	
		А-Б	Б	В	Г	Д	Е	Т	А-Л	Л	К	И	З	МОП		МНО
2101	0:15	6	-	3	12	6	18	6	-	-	3	-	3	-	3	60
2103	1:05	-	12	-	12	6	6	12	3	-	3	3	-	3	-	60
2105	3:55	9	3	-	15	6	6	15	-	3	-	-	-	3	-	60
2107	6:10	3	-	9	6	18	12	6	-	-	3	-	-	-	3	60
2109	7:25	-	3	9	6	12	9	12	-	3	-	3	-	-	3	60
2111	8:35	6	6	-	6	9	12	15	-	-	3	-	-	3	-	60
2113	10:55	9	15	3	3	12	-	6	-	3	-	3	-	-	6	60
2115	12:10	-	6	9	12	3	12	15	-	-	-	-	3	-	-	60
2117	14:10	3	9	6	9	12	3	9	-	3	-	-	-	3	3	60
2119	15:10	6	9	3	6	18	-	15	-	-	3	-	-	-	-	60
2121	16:00	12	3	6	15	12	-	-	3	-	-	3	-	-	6	60
2123	17:45	-	12	3	12	12	6	9	-	-	3	-	-	3	-	60
2125	18:40	3	6	6	12	9	9	9	-	3	-	-	-	-	3	60
2127	20:25	3	6	-	3	12	9	18	-	3	-	-	-	-	6	60
2129	21:35	6	3	-	9	9	18	12	-	-	-	-	-	3	-	60
2131	22:40	3	-	6	18	12	6	9	-	-	-	-	-	-	6	60
<i>Всего</i>		69	93	63	156	168	126	168	6	18	15	15	6	18	39	960

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

*(справочное)*

**Расчетные значения параметров  $T_k$  и  $\sigma_k$**

*Таблица Б.1 – Значения периода  $T_k$*

N	Уровень загрузки, $\gamma$																
	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
	0,141	0,282	0,497	0,808	1,234	1,796	2,510	3,398	4,488	5,825	7,490	9,623	12,490	16,655	23,569	38,500	00,903
15	0,094	0,186	0,328	0,535	0,824	1,214	1,724	2,375	3,191	4,207	5,479	7,106	9,266	12,334	17,229	27,090	64,671
20	0,070	0,139	0,245	0,400	0,618	0,917	1,316	1,834	2,495	3,330	4,385	5,738	7,530	10,046	13,969	21,528	47,856
25	0,056	0,111	0,195	0,319	0,495	0,738	1,065	1,497	2,056	2,771	3,684	4,861	6,420	8,597	11,943	18,197	38,427
30	0,047	0,092	0,163	0,266	0,412	0,617	0,895	1,265	1,752	2,381	3,191	4,242	5,638	7,581	10,541	15,955	32,468
35	0,040	0,079	0,139	0,228	0,354	0,530	0,771	1,097	1,528	2,091	2,823	3,779	5,051	6,822	9,503	14,328	28,376
40	0,035	0,069	0,122	0,199	0,309	0,464	0,678	0,968	1,355	1,867	2,536	3,416	4,592	6,229	8,697	13,086	25,393
45	0,031	0,061	0,108	0,177	0,275	0,413	0,605	0,867	1,219	1,687	2,305	3,123	4,220	5,749	8,049	12,099	23,116
50	0,028	0,055	0,097	0,159	0,248	0,373	0,546	0,785	1,107	1,540	2,115	2,880	3,911	5,352	7,514	11,294	21,318
55	0,025	0,050	0,088	0,144	0,225	0,339	0,498	0,717	1,015	1,417	1,956	2,676	3,651	5,016	7,063	10,620	19,858
60	0,023	0,046	0,081	0,132	0,206	0,311	0,457	0,660	0,937	1,313	1,820	2,501	3,427	4,727	6,676	10,048	18,646
65	0,021	0,042	0,075	0,122	0,191	0,287	0,423	0,611	0,870	1,224	1,702	2,349	3,233	4,476	6,340	9,553	17,621
70	0,020	0,039	0,069	0,113	0,177	0,267	0,393	0,570	0,813	1,146	1,599	2,216	3,062	4,254	6,045	9,120	16,741
75	0,019	0,037	0,065	0,106	0,165	0,249	0,368	0,533	0,762	1,077	1,509	2,098	2,910	4,058	5,782	8,737	15,977
80	0,017	0,034	0,061	0,099	0,155	0,234	0,345	0,501	0,718	1,017	1,428	1,993	2,774	3,882	5,547	8,396	15,305
85	0,016	0,032	0,057	0,093	0,146	0,220	0,325	0,473	0,678	0,963	1,356	1,898	2,651	3,723	5,335	8,089	14,709
90	0,016	0,031	0,054	0,088	0,138	0,208	0,307	0,447	0,643	0,915	1,291	1,813	2,541	3,578	5,143	7,811	14,175
95	0,015	0,029	0,051	0,084	0,130	0,197	0,292	0,424	0,611	0,871	1,233	1,736	2,439	3,447	4,967	7,558	13,695

Окончание таблицы Б.1

N	Уровень загрузки, γ																
	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
100	0,014	0,028	0,049	0,079	0,124	0,187	0,277	0,404	0,582	0,831	1,179	1,665	2,347	3,326	4,806	7,327	13,259
105	0,013	0,026	0,046	0,076	0,118	0,178	0,264	0,385	0,556	0,795	1,130	1,600	2,262	3,214	4,657	7,114	12,862
110	0,013	0,025	0,044	0,072	0,113	0,170	0,252	0,368	0,532	0,762	1,085	1,540	2,183	3,111	4,519	6,917	12,498
115	0,012	0,024	0,042	0,069	0,108	0,163	0,242	0,353	0,510	0,731	1,044	1,484	2,110	3,015	4,392	6,734	12,163
120	0,012	0,023	0,040	0,066	0,103	0,156	0,232	0,338	0,489	0,703	1,005	1,433	2,042	2,926	4,272	6,564	11,853
125	0,011	0,022	0,039	0,063	0,099	0,150	0,222	0,325	0,471	0,677	0,970	1,385	1,979	2,843	4,161	6,405	11,566
130	0,011	0,021	0,037	0,061	0,095	0,144	0,214	0,313	0,453	0,653	0,937	1,341	1,920	2,765	4,056	6,256	11,298
135	0,010	0,020	0,036	0,059	0,092	0,139	0,206	0,302	0,437	0,631	0,906	1,299	1,864	2,691	3,958	6,116	11,048
140	0,010	0,020	0,035	0,057	0,088	0,134	0,199	0,291	0,422	0,610	0,877	1,260	1,812	2,622	3,866	5,985	10,814
145	0,010	0,019	0,033	0,055	0,085	0,129	0,192	0,281	0,408	0,590	0,850	1,223	1,763	2,557	3,778	5,860	10,594
150	0,009	0,018	0,032	0,053	0,083	0,125	0,186	0,272	0,395	0,572	0,825	1,189	1,717	2,496	3,695	5,743	10,386
155	0,009	0,018	0,031	0,051	0,080	0,121	0,180	0,264	0,383	0,555	0,801	1,156	1,673	2,438	3,617	5,632	10,191
100	0,009	0,017	0,030	0,050	0,077	0,117	0,174	0,256	0,372	0,538	0,778	1,126	1,632	2,382	3,543	5,526	10,006
165	0,008	0,017	0,029	0,048	0,075	0,114	0,169	0,248	0,361	0,523	0,757	1,096	1,592	2,330	3,472	5,425	9,831

Таблица Б.2 – Значение среднеквадратического отклонения  $\sigma_k$

N	Уровень загрузки, $\gamma$																
	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
10	0,225	0,317	0,419	0,533	0,655	0,785	0,919	1,055	1,192	1,329	1,467	1,609	1,759	1,926	2,127	2,413	3,042
15	0,224	0,315	0,416	0,529	0,654	0,789	0,932	1,082	1,235	1,391	1,550	1,713	1,883	2,067	2,280	2,564	3,135
20	0,224	0,314	0,415	0,527	0,653	0,791	0,940	1,099	1,265	1,436	1,611	1,792	1,979	2,181	2,409	2,700	3,236
25	0,223	0,313	0,414	0,526	0,653	0,793	0,946	1,111	1,286	1,469	1,659	1,855	2,059	2,277	2,521	2,823	3,340
30	0,223	0,313	0,413	0,526	0,652	0,794	0,950	1,120	1,303	1,496	1,698	1,908	2,128	2,361	2,619	2,933	3,443
35	0,223	0,312	0,113	0,525	0,652	0,794	0,953	1,127	1,316	1,518	1,730	1,953	2,187	2,435	2,708	3,035	3,543
40	0,223	0,312	0,412	0,525	0,652	0,795	0,955	1,132	1,326	1,536	1,758	1,992	2,239	2,501	2,789	3,129	3,639
45	0,223	0,312	0,412	0,525	0,652	0,795	0,957	1,137	1,335	1,551	1,782	2,027	2,286	2,561	2,863	3,216	3,731
50	0,223	0,312	0,412	0,524	0,652	0,796	0,958	1,141	1,343	1,564	1,803	2,057	2,328	2,616	2,931	3,297	3,820
55	0,223	0,312	0,412	0,524	0,652	0,796	0,960	1,144	1,349	1,575	1,821	2,085	2,366	2,667	2,995	3,374	3,904
60	0,223	0,312	0,411	0,524	0,652	0,796	0,961	1,147	1,355	1,585	1,838	2,110	2,401	2,713	3,054	3,446	3,986
65	0,223	0,312	0,411	0,524	0,651	0,797	0,962	1,149	1,360	1,594	1,852	2,132	2,433	2,757	3,110	3,515	4,064
70	0,223	0,312	0,411	0,524	0,651	0,797	0,902	1,151	1,364	1,602	1,866	2,153	2,463	2,798	3,163	3,580	4,140
75	0,223	0,312	0,411	0,524	0,651	0,797	0,963	1,153	1,368	1,609	1,878	2,172	2,491	2,836	3,213	3,643	4,213
80	0,223	0,312	0,411	0,524	0,651	0,797	0,964	1,154	1,371	1,616	1,889	2,190	2,517	2,872	3,260	3,702	4,283
85	0,223	0,312	0,411	0,524	0,651	0,797	0,964	1,156	1,374	1,622	1,899	2,206	2,541	2,906	3,305	3,759	4,352
90	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,797	0,965	1,157	1,377	1,627	1,909	2,221	2,564	2,938	3,348	3,814	4,418
95	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,797	0,965	1,158	1,380	1,632	1,917	2,235	2,585	2,968	3,389	3,867	4,482
100	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,798	0,966	1,159	1,382	1,637	1,925	2,248	2,606	2,997	3,429	3,918	4,544
105	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,798	0,966	1,160	1,384	1,641	1,933	2,261	2,625	3,025	3,466	3,967	4,604



Окончание таблицы Б.2

N	Уровень загрузки, $\gamma$																
	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
110	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,798	0,966	1,161	1,386	1,645	1,940	2,273	2,643	3,052	3,503	4,015	4,663
115	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,798	0,967	1,162	1,388	1,648	1,946	2,283	2,660	3,077	3,538	4,061	4,721
120	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,798	0,967	1,163	1,390	1,652	1,952	2,294	2,676	3,101	3,572	4,106	4,776
125	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,798	0,967	1,164	1,391	1,655	1,958	2,304	2,692	3,124	3,604	4,149	4,831
130	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,798	0,968	1,164	1,393	1,658	1,964	2,313	2,707	3,146	3,636	4,191	4,884
135	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,798	0,968	1,165	1,394	1,661	1,969	2,322	2,721	3,168	3,666	4,232	4,936
140	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,798	0,968	1,165	1,395	1,663	1,974	2,330	2,735	3,188	3,695	4,272	4,987
145	0,223	0,312	0,411	0,523	0,651	0,798	0,968	1,166	1,397	1,666	1,978	2,338	2,748	3,208	3,724	4,310	5,037
150	0,223	0,313	0,411	0,524	0,651	0,798	0,968	1,166	1,398	1,668	1,983	2,346	2,760	3,228	3,752	4,348	5,086
155	0,223	0,313	0,411	0,524	0,651	0,798	0,969	1,167	1,399	1,670	1,987	2,353	2,772	3,246	3,778	4,385	5,134
160	0,223	0,313	0,411	0,524	0,651	0,798	0,969	1,167	1,400	1,672	1,991	2,360	2,784	3,264	3,805	4,421	5,181
165	0,224	0,313	0,411	0,524	0,651	0,798	0,969	1,168	1,401	1,674	1,994	2,366	2,795	3,281	3,830	4,456	5,227

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
*(обязательное)*

**Порядок ввода данных для расчета значений целевой функции  
по вариантам технологии с помощью прикладной программы «ОПТИМА»  
(«Развитие сортировочной горки (SortSt)»)**

Фамилия Имя Отчество (в родительном падеже),  
группа.

**Раздел I. Путевое развитие и объем работы**

Параметр	Значение	Примечание
Число подходов к ПП	3	Схема станции – по заданию на КП (приложение А)
Число ходовых путей в ПП	1	По заданию руководителя КП
Всего путей в ПП	6	По заданию на КП (приложение Г)
Потребное число путей в СП для накопления вагонов	17	По заданию путем подсчета обрабатываемых поездов
Число путей в СП для местных назначений	2	По заданию руководителя КП
Число путей в СП для спец. целей	3	По заданию руководителя КП
Число расформировываемых поездов за сутки	59	По заданию на КП (приложение Е)
Число расформировываемых вагонов за сутки	3658	Расчет произведен в подразд. 1.3 (см. таблицу 1.5)
Число формируемых поездов за сутки	60,46	Расчет произведен в подразд. 1.3 (см. таблицу 1.5)
Число формируемых вагонов за сутки	3658	Принимается равным количеству расформировываемых вагонов за сутки
Технологический простой составов в ПП, ч	0,83	По заданию на КП (приложение С)
Технологическое время занятия пути ПП от момента начала приготовления маршрута до полного освобождения пути после надвига, ч	1,13	По заданию руководителя КП

## Раздел II. Состояние горки

Номер	Состояние горки	$\Delta t_1$ , мин	$\Delta t_2$ , мин
1	Однопутная без объездного пути	4,20	4,20
2	Однопутная с объездным путем	4,00	4,00
3	Однопутная с двумя путями надвига	2,2	2,2
4	Двухпутная	0,8	0,8

*Примечание* – Расчет интервалов  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$  произведен для рассматриваемых вариантов развития сортировочной горки в подразд. 2.5 курсового проекта.

Существующее состояние горки – *однопутная без объездного пути*, возможное максимальное состояние горки – *двухпутная*.

## Раздел III. Окончание формирования

Количество вариантов распределения работы между горкой и вытяжкой – *4 варианта*.

Показатель		Вариант распределения работы между горкой и вытяжкой			
		1	2	3	4
Затраты времени на окончание формирования, мин	на горке	0	1,9	4,0	5,9
	на вытяжке	17,1	14,8	11,2	8,4
Средняя продолжительность цикла по окончанию формирования, мин		28,1	25,8	22,2	19,4

*Примечание* – Расчет затрат времени на окончание формирования составов произведен в подразд. 2.3 (см. таблицу 2.3) курсового проекта.

Число локомотивов на вытяжке: минимальное – *2 локомотива*, максимальное – *3 локомотива*.

## Раздел IV. Горочный технологический интервал

Параметр	Значение	Примечание
Заезд (+ снятие закрепления), мин	5,9	Расчет продолжительности выполнения операций на горке (подразд. 2.4)
Вытягивание + надвиг, мин	1,9	
Роспуск (с учетом ЗСГ), мин	15,20	
Осаживание на один состав, мин	3,7	
Количество составов в цикле, мин	3	

Количество конкурентоспособных горочных технологических интервалов – **14 вариантов** (в соответствии с расчетным графом вариантов совершенствования технологии и технического оснащения станции, рисунок 3.1, подразд. 3.1).

Номер варианта	№ 1	№ 2
	Трехзначное число (номер варианта): номер варианта распределения работы – идентификатор состояния горки – число горочных локомотивов	Значение горочного технологического интервала
1	112	21,2
2	122	21,1
3	132	19,9
4	142	18,5
5	143	16,0
6	212	22,5
7	222	22,3
8	232	20,5
9	242	19,4
10	243	17,0
11	342	20,4
12	343	18,0
13	442	21,41
14	443	19,0

Номера вариантов и значения горочного технологического интервала соответствуют расчетному графу вариантов совершенствования технологии и технического оснащения станции, рисунок 3.1, подразд. 3.1.

#### Раздел V. Стоимостные параметры

Но-мер	Состояние горки	Капитальные затраты на переустройство горки, тыс. руб.	Годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб.
1	Однопутная без объездного пути	0	0
2	Однопутная с объездным путем	300	3
3	Однопутная с двумя путями надвига	240	3,2
4	Двухпутная	492	7,4

*Примечание* – Расчет капитальных затрат на переустройство и годовых эксплуатационных затрат на содержание сортировочной горки приведены в подразд. 3.2.

### Исходные параметры

Параметр	Значение	Примечание
Стоимость 1 вагоно-часа, руб.	0,53	Задание
Стоимость 1 локомотиво-часа, руб.	7	
Капитальные затраты на укладку 1 пути в ПП, тыс. руб.	210	Задание
Капитальные затраты на укладку 1 пути в СП, тыс. руб.	190	
Годовые экспл. затраты на содержание 1 пути в ПП, тыс. руб.	5	
Годовые экспл. затраты на содержание 1 пути в СП, тыс. руб.	4	
Нормативный срок окупаемости капиталовложений, лет	10	По заданию руководителя КП

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
(информационное)

**Графические символы операций для построения  
суточной модели работы сортировочной станции**

Номер	Графический символ	Технологическая операция
1		Прием поезда на станцию
2		Отправление поезда со станции
3		Закрепление состава поезда
4		Снятие закрепления состава поезда
5		Уборка поездного локомотива из-под состава поезда
6		Подача поездного локомотива и опробование тормозов
7		Обработка состава поезда в техническом, коммерческом и ином отношении
8		Простой в ожидании последующей операции
9		Холостое передвижение маневрового локомотива (заезд на путь, переезд с пути на другой путь, уборка с пути и т. п.)
10		Холостое передвижение поездного локомотива (уборка из-под состава, подача под состав, передвижение по пути)
11		Вытягивание состава с пути приема на горочный путь
12		Надвиг состава на горку
13		Роспуск состава на горке (вытяжном пути)
14		Маневровая работа с вагонами ЗСГ
15		Осаживание вагонов на пути
16		Окончание формирования состава на сортировочных устройствах, подборка вагонов на подачу
17		Перестановка состава (групп вагонов) с пути на путь

Окончание приложения Г

Номер	Графический символ	Технологическая операция
18		Подача вагона на места выполнения грузовых операций, устранения коммерческих неисправностей, таможенного досмотра и т.п.
19		Уборка вагонов с мест выполнения грузовых операций, устранения коммерческих неисправностей, таможенного досмотра и т. п.
20		Расстановка вагонов для выполнения грузовых операций
21		Сборка вагонов после выполнения грузовых операций
22		Подформирование вагонов с местных пунктов в процессе накопления
23		Накопление вагонов на состав
24		Подформирование в процессе накопления вагонов с местных пунктов (мест общего и необщего пользования)
25		Выгрузка вагонов на местном пункте (6/0 – шесть груженых; 0/6 – шесть порожних вагонов)
26		Погрузка вагонов на местном пункте (0/4 – четыре порожних вагона; 4/0 – четыре груженых вагона)
27		Ожидание окончания формирования после завершения процесса накопления