

**МПС РОССИИ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

---

**19/7/2**

Одобрено кафедрой  
“Автоматика и телемеханика  
на железнодорожном транспорте”

Утверждено  
Деканом факультета  
“Управление процессами  
перевозок”

**СТАНЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

*Рабочая программа  
и задание на контрольную работу  
с методическими указаниями  
для студентов V курса  
специальности*

**210700. АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ (АТС)**

**специализации**

**210701. АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА НА  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ (АТ)**



**Москва - 2002**

Разработана на основании примерной учебной программы данной дисциплины, составленной в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 210700. «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте».

Составители: канд. техн. наук, доц. В.А Камнев  
канд. техн. наук, доц. Н.А. Цыбуля

Рецензент - канд. техн. наук, доц. Ю.Г. Боровков

Курс	– V
Всего часов	– 32
лекционные занятия	– 12 ч
лабораторные занятия	– 20 ч
контрольные работы	– 1(количество)
курсовой проект (работа)	– 1(количество)
Самостоятельная работа	– 68 ч
Зачет	– 1(количество)
Экзамен	– 1(количество)

© Российский государственный открытый технический университет путей сообщения, 2002

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цель преподавания дисциплины** - изучение принципов построения устройств автоматического управления и регулирования перевозочным процессом на железнодорожных станциях и является профилирующей при подготовке специалистов, занимающихся эксплуатацией, проектированием и разработкой систем и устройств, обеспечивающих безопасность движения поездов и повышение пропускной способности станций.

Цель преподавания дисциплины заключается в изучении теоретических основ построения систем управления стрелками и сигналами на станциях, а также приобретения практических навыков по их проектированию, монтажу, эксплуатации и обслуживанию. Это достигается с помощью лекций, практических занятий в лабораториях, контрольными и курсовыми работами и, естественно, самоподготовкой студентов.

Внедрение систем телеуправления на железнодорожных станциях - эффективное средство повышения пропускной способности станций и участков железных дорог, поэтому объем и области применения таких устройств быстро расширяются. В связи с этим каждый специалист данного профиля будет заниматься разработкой, проектированием, производством, строительством или эксплуатацией устройств данного типа.

Подготовка студентов по дисциплине «Станционные системы автоматики и телемеханики» предусматривает подробное изучение теоретических положений организации и методов автоматизации управления станционными объектами с помощью телемеханических систем, а также практических вопросов по конкретным системам электрической централизации, используемым на железнодорожном транспорте.

Изучение дисциплины «Станционные системы автоматики и телемеханики» является одним из основных факторов подготовки специалистов по профилю работы.

**1.2. Задачи изучения дисциплины.** Изучив дисциплину «Станционные системы автоматики и телемеханики» студент должен:

*1.2.1. Знать и уметь использовать* теоретические вопросы организации управления движением поездов на станциях и построения автоматических и телемеханических систем управления стрелками и сигналами, способы достижения безопасности движения поездов на станциях, иметь практические знания о принципах действия, технико-экономических характеристиках систем, о их роли в перевозочном процессе, основах построения и проектирования, методах эксплуатации, а также структуры и функционирования систем и их отдельных узлов, перспективы развития и прогрессивные методы обслуживания.

*1.2.2. Владеть* методами анализа работы устройств и определения характера и места повреждения аппаратуры, использования технической документации, специальных измерительных приборов и стендов, иметь навыки проектирования и регулирования устройств электрической централизации, иметь представление об этапах и перспективах развития систем управления на станциях, понимать проблемы, связанные с изменением элементной базы систем и расширением их функциональных возможностей.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Программа по дисциплине «Станционные системы автоматики и телемеханики» для удобства пользования представлена в виде перечня тем, каждая из которых объединяет логически заверченный материал. По каждой теме указана соответствующая литература и раздел.

2.1. Понятие о системах электрической централизации и станционных технологических процессах. Виды систем, их классификация, история развития и эффективность. Организация управления движением поездов на станциях, оборудо-

ванных системами электрической централизации. Требования ПТЭ, Инструкции по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации и Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации. Алгоритмы функционирования систем электрической централизации.

[1, введение, гл. 1, 2, 7]

2.2. Обеспечение безопасности движения поездов на станциях. Маршрутизация передвижений. Построение безопасных схем электрической централизации стрелок и сигналов. Показатели и нормы безопасности. Основы теории, методы и правила построения безопасных дискретных устройств на основе электромагнитных реле и микроэлектронных элементов.

[1, гл. 3]

2.3. Напольные устройства электрической централизации. Стрелочные электроприводы, их типы, конструкция и особенности работы. Схемы управления стрелочным электроприводом, эксплуатационно-технические требования к ним. Управляющая, рабочая и контрольная цепи схем управления стрелочным электроприводом, требования к ним. Двухпроводная и четырехпроводная схемы управления стрелочным электроприводом с электродвигателем постоянного тока. Схемы управления стрелочным электроприводом переменного тока. Особенности зарубежных стрелочных приводов и схем управления ими.

[1, гл. 4]

2.4. Напольные устройства электрической централизации. Станционные светофоры, их конструкция и назначение. Сигнализация на станциях. Расстановка светофоров на однопутном плане станции. Схемы управления лампами светофоров на станциях. Станционные рельсовые цепи, их назначение, виды и принцип действия. Разработка двухпутного плана станции.

[1, гл. 5, 6]

2.5. Электрическая централизация промежуточных станций, характеристики систем. Установка маршрутов приема и отправления, замыкание и размыкание маршрутов. Увязка устройств электрической централизации с системами диспетчерской централизации, диспетчерского контроля и автоматической блокировки. Местное управление стрелками. Современные системы релейной централизации для промежуточных станций.

[1, гл. 8]

2.6. Системы электрической централизации для крупных станций. Принцип построения маршрутного набора. Блочная маршрутная релейная централизация (БМРЦ), основные положения и алгоритм работы. Схемы маршрутного набора и исполнительных цепей. Работа устройств при установке, замыкании и размыкании маршрутов. Отмена маршрутов и искусственное размыкание. Увязка устройств БМРЦ с автоматической блокировкой и диспетчерской централизацией. Ограждение составов на станционных путях. Особенности систем электрической централизации для станций стыкования разных видов тяги. Современные системы релейной централизации для крупных станций (система ЭЦ-И). Гибридные (релейно- процессорные) системы централизации.

[1, гл. 9, 10]

2.7. Современные микропроцессорные системы электрической централизации (МПЦ). Принципы построения систем электрической централизации на программируемых контроллерах. Безопасные структуры МПЦ. Устройства сопряжения с объектами управления и контроля, схемы и алгоритмы встроенного контроля и безопасные элементы сравнения сигналов. Современные системы МПЦ, перспективы развития устройств централизации.

[1, гл. 11]

2.8. Проектирование, строительство и техническое обслуживание устройств электрической централизации. Технология проектирования, пост электрической централизации, кабельные сети на станции и на посту. Электроснабжение

электрической централизации, системы и устройства электропитания. Техническое обслуживание устройств электрической централизации.

[1, гл. 12]

2.9. Механизация и автоматизация сортировочных горок. Технологические требования и история развития горочных систем автоматики. Путевые устройства автоматики на сортировочных горках: стрелочные электроприводы, светофоры, датчики занятости стрелок и путей подгорочного парка, скоростемеры и схемы управления ими.

[1, гл. 13, 14]

2.10. Блочная горочная автоматическая централизация, основные сведения и работа устройств при формировании, накоплении и трансляции маршрутных заданий. Горочная автоматическая централизация с контролем роспуска, принципы функционирования системы, формирование, накопление и трансляция маршрутных заданий. Пульты и манипуляторы. Увязка электрической и горочной централизаций.

[1, гл. 16, 19]

2.11. Регулирование скорости скатывания отцепов на горках. Вагонные замедлители, их устройство и работа. Теоретические основы автоматического регулирования скорости скатывания отцепов на сортировочных горках. Микропроцессорный комплекс автоматизации работы сортировочных горок, его состав, построение и работа. Автоматизация сортировочных горок за рубежом.

[1, гл. 17, 18]

### 3. ВИДЫ РАБОТ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВРЕМЕНИ

Лекционные занятия	– 12 ч
Лабораторные занятия	– 20 ч
Курсовая проект	– 1 (количество)
Контрольная работа	– 1 (количество)
Зачет	– 1 (количество)
Экзамен	– 1 (количество)

#### 4. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование темы	Количество часов
1	<p>Понятие о системах электрической централизации станционных технологических процессах. Виды систем, их классификация. Организация управления движением поездов на станциях, оборудованных системами электрической централизации.</p> <p>Обеспечение безопасности движения поездов на станциях. Маршрутизация передвижений. Построение безопасных схем электрической централизации. Показатели и нормы безопасности. Основы построения безопасных устройств на электромагнитных реле и микроэлектронных элементах.</p>	2
2	<p>Напольные устройства электрической централизации. Стрелочные электроприводы. Схемы управления стрелочным электроприводом. Управляющая, рабочая и контрольная цепи, требования к ним. Двухпроводная и четырехпроводная схемы управления. Схемы управления стрелочным электроприводом переменного тока.</p> <p>Станционные светофоры. Расстановка светофоров на одниточном плане станции. Схемы управления светофорами. Станционные рельсовые цепи, их назначение, виды и принцип действия. Двухниточный план станции.</p>	2
3	<p>ЭЦ промежуточных станций. Увязка устройств электрической централизации с автоблокировкой. Современные системы централизации промежуточных станций.</p> <p>Системы электрической централизации для крупных станций. Блочная маршрутная релейная централизация (БМРЦ). Схемы маршрутного набора и исполнительных цепей. Работа устройств. Отмена маршрутов и искусственное размыкание.</p> <p>Современные системы релейной централизации для крупных станций. Релейно-процессорные системы централизации.</p>	2
4	<p>Современные микропроцессорные системы централизации. Безопасные структуры МПЦ. Устройства сопряжения с объектами управления и контроля, встроенного контроля и сравнения сигналов. Современные системы МПЦ, перспективы развития устройств централизации</p>	2
5	<p>Механизация и автоматизация сортировочных горок. Устройства автоматики на сортировочных горках: стрелочные электроприводы, светофоры, датчики, скоростемеры и схемы управления ими. Горочная автоматическая централизация, работа устройств при формировании, накоплении и трансляции маршрутных заданий. Автоматическое регулирование скорости скатывания отцепов на сортировочных горках. Микропроцессорный комплекс автоматизации работы сортировочных горок</p>	4

#### ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ, КОТОРЫЕ СТУДЕНТЫ ДОЛЖНЫ ПРОРАБОТАТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО

1. Организация управления движением поездов на станциях. Требования ПТЭ, Инструкции по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации и Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации. Алгоритмы функционирования систем электрической централизации.
2. Особенности зарубежных стрелочных приводов и схем управления ими.
3. Сигнализация на станциях.
4. Увязка устройств ЭЦ с автоматической блокировкой, диспетчерской централизацией, и диспетчерским контролем.
5. Ограждение составов на станционных путях.
6. Особенности систем электрической централизации для станций стыкования разных видов тяги.
7. Логические элементы, функциональные узлы и блоки кодовых систем. Регистры, распределители, шифраторы и дешифраторы, генераторы, каналобразующие устройства, линейные и защитные устройства.
8. Системы АСУЖТ и АСОУП.
9. Проектирование, строительство и техническое обслуживание устройств электрической централизации.
10. Кабельные сети на станции и на посту централизации.
11. Электроснабжение электрической централизации, системы и устройства электропитания.
12. Блочная горочная автоматическая централизация, основные сведения и работа устройств при формировании, накоплении и трансляции маршрутных заданий. Горочная автоматическая централизация с контролем роспуска, принципы функционирования системы, формирование, накопление и трансляция маршрутных заданий.
13. Увязка электрической и горочной централизацией.

14. Регулирование скорости скатывания отцепов на горках. Вагонные замедлители, их устройство и работа. Автоматизация сортировочных горок за рубежом.

15. Техническое обслуживание устройств электрической централизации и автоматики на сортировочных горках.

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название и краткое содержание работы	Количество часов
1	Исследование конструкции стрелочного электропривода	2
2	Исследование двухпроводной схемы управления стрелочным электроприводом	2
3	Исследование четырехпроводной схемы управления стрелочным электроприводом	2
4	Исследование схемы управления стрелочным электроприводом переменного тока	2
5	Исследование схемы управления входным светофором	2
6	Исследование устройств ЭЦ промежуточных станций	2
7	Исследование устройств наборной группы БМРЦ	2
8	Исследование исполнительных устройств БМРЦ	2
9	Исследование бесконтактной схемы управления горочным электроприводом	2
10	Изучение микроэлектронной системы управления, принципов ее построения и основных узлов.	2

## 6. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

6.1. Тема курсового проекта - «Оборудование станции системой электрической централизации стрелок и сигналов».

6.2. В состав курсового проекта входят:

- схематический план станции с расстановкой оборудования;

- двухниточный план изоляции путей;

- структурная схема устройств электрической централизации;

- принципиальные схемы электрической централизации (для части станции);

- принципиальная схема увязки с перегонными устройствами;

- план кабельной сети;
- пояснительная записка и графический материал объемом 2 - 2,5 листа.

Для выполнения курсовой работы необходимо не менее 40 часов.

## 7. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

7.1. Тема контрольной работы – “Анализ станционных систем горочной автоматики”.

7.2. В состав контрольной работы входят:

- задача 1;

- задача 2;

- пояснительная записка и графический материал объемом 1,0-1,5 листа.

Для выполнения контрольной работы необходимо не менее 20 часов.

## 8. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Обязательная литература

1. Станционные системы автоматики и телемеханики. Учеб. для вузов ж.-д. трансп. - М.: Транспорт, 1997.

2. **Модин Н.К.** Механизация и автоматизация станционных процессов. М.: Транспорт, 1985.

3. **Казаков А.А., Бубнов В.Д., Казаков Е.А.** Станционные устройства автоматики и телемеханики. Учеб. для техникумов ж.-д. трансп. - М.: Транспорт, 1990.

### 8.2. Рекомендуемая литература

1. Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. - М.: Транспорт, 1985.

2. Актуальные проблемы развития железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Сборник докладов науч-

но-технической конференции Бухарест, 1985. - М.: Транспорт, 1987.

3. **Сороко В.И., Разумовский Б.А.** Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник в 2-х т. - М.: Транспорт, 1981.

4. **Фонарев Н.М.** Автоматизация процесса расформирования составов на сортировочных горках. М.: Транспорт, 1971.

### **8.3. Компьютерные программы**

1. Демонстрационная программа работы стрелочного электропривода.

2. Демонстрационная программа работы АРМ ДСП системы «Диалог-ЭЦ».

3. Демонстрационная программа расчета станционных рельсовых цепей.

### **8.4. Другие материалы и пособия**

1. Станционные системы автоматики и телемеханики. Задание на курсовой проект с методическими указаниями для студентов специальности 210700 «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» специализации 210701 «Автоматика и телемеханика». - М.: РГОТУПС.

2. Станционные системы автоматики и телемеханики. Задание на контрольную работу с методическими указаниями для студентов 5 курса специальности 210700 «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», специализации 210701 «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте».

## **9. КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

При изучении тем, которые студенты должны проработать самостоятельно, а также при выполнении курсового проекта необходимо использовать материал, изученный в следующих дисциплинах:

1. Теоретические основы автоматики и телемеханики.
2. Основы микропроцессорной техники.
3. Теория передачи сигналов.
4. Линии железнодорожной автоматики, телемеханики и связи.
5. Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи.
6. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики.

## **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Современные технические средства механизации и автоматизации сортировочных горок предназначены для повышения эффективности и качества процесса расформирования и формирования составов на сортировочных станциях. Сортировочные горки средней, большой и повышенной мощности относятся к числу наиболее технически оснащенных объектов станции и отличаются спецификой управления всем многообразием горочных технологических операций.

Состав при расформировании надвигается маневровым локомотивом на горку, где при достижении ее вершины сцепляется на отдельные группы вагонов (отцепы), которые под действием силы тяжести своего веса скатываются по ускоряющему уклону спускной части горки и направляются на различные пути сортировочного парка в соответствии с конечной станцией назначения груза.

По скорости скатывания отцепы делятся на хорошие бегуны, к которым относятся тяжелые груженные вагоны, средние и плохие бегуны, к последним следует отнести порожние вагоны. Высоту горки рассчитывают на плохие бегуны, а так как при этом хорошие бегуны могут развить значительные скорости, то их затормаживают с помощью вагонных замедлителей, устанавливаемых на спускной части горки в нескольких местах (тормозных позициях).

Автоматическое управление быстродействующими стрелочными электроприводами, осуществляющими перевод стрелок по маршрутам следования отцепов, производят системы горочной автоматической централизации (ГАЦ), среди которых большое распространение получила система ГАЦ с контролем роспуска (ГАЦ-КР).

Автоматическое задание скорости надвига состава при роспуске, управление горочными светофорами и напольными указателями числа вагонов в отцепах осуществляют системы автоматического задания скорости роспуска (АЗСР). Автоматическая реализация заданий по скорости роспуска осуществляется с помощью систем телеуправления горочным локомотивом (ТГЛ), состоящих из устройств горочной автоматической локомотивной сигнализации (ГАЛС) и бортовых устройств автоматического регулирования скорости тепловоза (УБА РСТ).

Автоматический ввод маршрутных заданий отцепов в ГАЦ производят горочные программно-задающие устройства (ГПЗУ).

Для автоматического регулирования скорости скатывания отцепов используются системы АРС, которые осуществляют расчет скоростей и их автоматическую реализацию посредством управления вагонными замедлителями на тормозных позициях.

Для механизированной передачи документов, в соответствии с которыми осуществляется оперативное планирование и управление расформированием составов, применяется пневмопочта.

В настоящее время значительное количество сортировочных горок оборудовано системами ГАЦ-КР и ГПЗУ, в меньшей степени - устройствами ГАЛС, АЗСР и АРС, которые подробно рассмотрены в [2-4]. Эти системы (кроме ГПЗУ) выполнены преимущественно на релейной и электронной элементной базе. Однако уже в 80-е годы начались интенсивно вестись работы по созданию и внедрению нового поколения горочных систем автоматического управления различного

назначения с широким применением микропроцессорных комплексов и в частности, промышленных компьютеров.

Общее представление о них можно получить из [ 1. гл.18], а также из [ 2, 6.3. и 6.5 ].

Целью выполнения настоящей контрольной работы является анализ и исследование станционных систем горочной автоматике, реализующих функции ГАЦ и АРС.

Прежде, чем приступить к выполнению контрольной работы, необходимо изучить соответствующие разделы рекомендованной литературы.

Решения каждой задачи контрольной работы должны содержать соответствующий графический материал, расчетные формулы и результаты расчета, оформленные в виде таблиц, с краткими пояснениями хода решения указанного в задании варианта задачи. При этом не следует приводить общие сведения, имеющиеся в литературе по исследуемым системам и отдельным функциональным блокам.

## **ЗАДАНИЕ**

Для заданной схемы путевого развития сортировочной горки и заданных технических средств механизации сортировочного процесса произвести анализ и исследование работы отдельных устройств системы ГАЦ-КР и комплекса горочного микропроцессорного - КГМ.

### **Задача 1**

На основе анализа функционирования схемы формирования задания системы ГАЦ-КР, представленной на рис.1, указать состояния и последовательность возбуждения реле при задании маршрута скатывания отцепа и количества вагонов в нем, указанных в табл. 1. Вариант задачи выбирается по последней цифре шифра студента. Результаты анализа занести в табл. 2.



Таблица 1

Исходные данные	Номер варианта (последняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Маршрут скатывания отцепа	12	15	21	26	28	33	37	44	48	17
Количество вагонов в отцепа	10	19	11	18	12	17	13	16	14	5

Таблица 2

Номер фазы ввода МЗ и КВ	Состояние реле схемы формирователя заданий								
	Схема Ф31		Схема Ф32			К	Ф1	Ф2	Ф3
	С	Е	С	Е	Д				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
“Пострелочный” код маршрута отцепа									

## Задача 2

2.1. Для автоматизированной сортировочной горки, схематический план которой представлен на рис. 2., выполнить расчет задаваемого системой КГМ значения скорости выхода  $V_3$  отцепа из парковой тормозной позиции (ПТП).

Исходные данные для расчета  $V_3$  приведены в табл. 3. Тип замедлителя, установленного на ПТП, - КНП-5.

С вычислительным алгоритмом по расчету  $V_3$  предварительно следует ознакомиться в [ 1, гл. 18].

2.2. Определить фактическую скорость соударения отцепов  $V_c$  на путях сортировочного парка или длину «окна»  $L_o$  в случае точной реализации системой КГМ заданного значения скорости выхода отцепа  $V_3$  из ПТП, используя исходные фактические данные, представленные в табл. 3 и табл. 4.

2.3. Построить график, иллюстрирующий изменение скорости движения отцепа вдоль сортировочного пути, используя данные расчета, полученные при выполнении задания по п. 2.2.

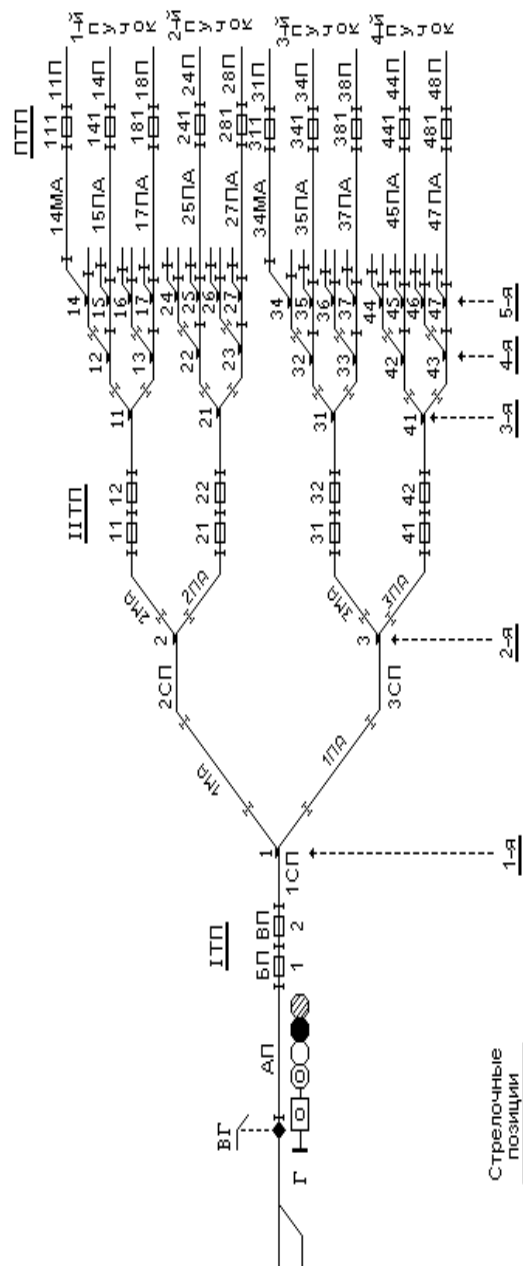


Рис. 1

Таблица 3

Исходные данные	Номер варианта (последняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество вагонов в отцепе, $N_{в}$	1	2	3	1	5	1	1	3	2	1
Тип отцепа (фактический)	X	П	С	X	П	С	X	С	П	X
Длина участка L до ПТП, м	125	112,5	112,5	100	100	112,5	112,5	125	137,5	137,5
Время движения $\Delta T$ отцепа по участку L, с	32,25	25,15	26,50	25,95	22,40	26,50	29,15	29,40	30,70	35,40
Скорость входа отцепа на ПТП - $V_{в}$ , км/ч	14,5	16,0	15,5	14,5	16,0	15,5	14,5	15,5	16,5	14,5
Количество свободных участков КЗП - $L_{кзп}$	10	3	5	8	14	9	7	12	7	14
Фактическая длина свободной части сортировочного пути - $L_{св}$ , м	280	90	140	235	410	260	205	370	220	430

Таблица 4

Исходные данные	Тип отцепа		
	П	С	X
Среднее значение основного удельного сопротивления движению отцепа, $W_0$ , Н/кН	1,75	1,40	1,23
Ускорение свободного падения с учетом инерции вращающихся масс бегуна, $q^*$ , м/с <sup>2</sup>	9,16	9,51	9,58
Расчетное значение базовой скорости выхода отцепа из ПТП, $V_{баз}$ , км/ч	9,0	6,5	5,0
Коэффициент изменения расчетной скорости отцепа в точке прицепления, k	1,0	0,86	0,7
Максимально-допустимая скорость соударения отцепов, $V_{с}$ , м/с	1,4	1,4	1,4
Значение уклона профиля сортировочного пути в зоне КЗП, $I_{с}$ , ‰	1	1	1
Значение ускорения движения отцепа в зоне перед ПТП, $a \cdot 10^{-3}$ , м/с <sup>2</sup>	<4,12	4,12-6,70	>6,70

### Методические указания к выполнению задачи 1

На автоматизированных сортировочных горках используются маршрутный, программный и автоматический режимы работы системы ГАЦ-КР. Выбор режима осуществляется дежурным по горке (ДСПГ) нажатием соответствующей кнопки на пульте (М, П или А), а последующее переключение цепей - автоматически посредством включающих реле ВГ, ВПГ и его повторителей 1...4ПВПГ.

В маршрутном режиме ДСПГ последовательным нажатием кнопок 0...9 формирует в блоке Ф31 маршрут скатывания отцепа (маршрутное задание - МЗ) в виде двухзначно-

го номера пути. Ввод МЗ в режиме М состоит из четырех фаз:

- 1 - нажатие кнопки с номером задаваемого пучка сортировочных путей;
- 2 - отпускание кнопки;
- 3 - нажатие кнопки с номером задаваемого пути в выбранном пучке;
- 4 - отпускание кнопки.

В схеме формирователя заданий каждой фазе ввода МЗ соответствует определенное состояние реле, фиксирующих требуемую последовательность действий оператора.

Затем теми же кнопками ДСПГ задает количество вагонов КВ (не более 19) в отцепе, которое преобразуется схемой формирователя заданий в двоичнодесятичное число и передается в блок ФЗ2 для временного хранения.

Ввод КВ также состоит из четырех последующих шагов (фаз):

- 5 - нажатие кнопки десятков ( 0 или 1 );
- 6 - отпускание кнопки;
- 7 - нажатие кнопки единиц ( 0 ... 9);
- 8 - отпускание кнопки.

При окончании ввода КВ (на шаге 8) информация о МЗ и КВ передается в блок регистрации задания РЗ, а затем - в запоминающее устройство ЗУ.

Если в отделившемся от состава отцепе фактическое КВ меньше заданного (неправильный расцеп), то в ЗУ записывается фактическое КВ, подсчитанное счетчиком устройства контроля головной зоны УКГЗ. Семь ячеек памяти в ЗУ позволяют хранить оперативную информацию о семи отцепях, находящихся в каждый момент времени на спускной части горки. Кроме МЗ и КВ в ЗУ записывается порядковый номер отцепа НО, также поступающий из УКГЗ. Адрес ячейки кодируется в двоичном исчислении, а затем осуществляется его трансляция по блокам активных зон в виде задания ТЗ. В каждой послестрелочной зоне из ЗУ в блок поступает информация о том, в какое положение должна быть переве-

дена следующая стрелка по маршруту. После прохождения последней стрелки информация о фактическом и заданном маршрутах, количестве вагонов и номере отцепа выдается на печать.

В программном режиме ДСПГ в соответствии с сортировочным листком последовательным нажатием кнопок на пульте через блоки ФЗ1 и ФЗ2 вводит МЗ и КВ в блоки 1Н . . . 1Н накопителя ( не более 11 заданий), откуда они автоматически передаются в блоки РЗ, ЗУ и ТЗ. По мере освобождения ячеек памяти накопителя оператор имеет возможность добавлять задания.

В автоматическом режиме задания вводятся от горочного программно-задающего устройства ГПЗУ в блоки 8Н . . . 1Н накопителя и затем, по мере реализации, - в блоки РЗ, ЗУ и ТЗ. ГПЗУ может представлять собой автономное устройство (например, ГПЗУ-В) или реализовано в виде одной из функций более сложной автоматизированной системы управления расформированием составов.

На рис. 1 показана схема формирования заданий системы ГАЦ-КР. Шифрация маршрута производится пострелочным кодом, число разрядов которого определяется максимальным числом стрелок ( стрелочных позиций) на маршруте скатывания отцепа, которое в нашем случае ( см. рис. 2 ) равно 5 ( две позиции головных стрелок обеспечивают возможность распределения отцепов по 4-м пучкам сортировочных путей и три позиции пучковых стрелок в распределительной зоне спускной части горки обеспечивают распределение отцепов по 8 путям любого из пучков).

В блоке ФЗ1 каждой позиции головных стрелок соответствует свое сортировочное реле 1С, 2С и пучковых стрелок - 1Е, 2Е, 4Е, т.е. команда на перевод любой из стрелок в маршруте скатывания отцепа фиксируется определенным реле блока ФЗ1 в соответствии с позиционным номером данной стрелки. При этом, возбужденному состоянию реле соответствует команда на перевод стрелки в минусовое (-), а выключенному - в плюсовое (+) положения. В тех случаях,

когда все головные или пучковые стрелки по маршруту скатывания отцепов находятся в плюсовом положении (соответствующие сортировочные реле выключены) в блоке Ф31 с целью обеспечения определенности работы схемы формирователя заданий предусмотрено возбуждение дополнительных реле: 4С - для головных стрелок и 8Е - для пучковых стрелок. Количество вагонов шифруется двоично-десятичным кодом с помощью аналогичных реле в блоке Ф32.

Вначале оператор задает МЗ, а затем - КВ. Первой при задании МЗ нажимается кнопка, номер которой соответствует номеру пучка (фаза 1), в результате чего срабатывает одно из кнопочных реле К1 . . . К8 и включается соответствующее реле 1С . . . 4С в блоке Ф31, при срабатывании которого выключается защитное реле З в том же блоке. При отпускании кнопки (фаза 2) возбуждается внеблочное реле Ф1, фиксируя первое нажатие одной из кнопок К, что позволяет при втором их нажатии задать номер пути в пучке (фаза 3) и возбудить соответствующее реле 1Е . . . 8Е, при срабатывании которого выключается реле З1 в том же блоке. Отпускание кнопки (фаза 4) приведет к возбуждению реле Ф2 через замкнутые фронтальной контакт реле Ф1 и тыловой контакт реле Ф31 (повторитель реле З1 блока Ф31).

При третьем нажатии кнопок К (фаза 5) оператор задает ноль или один десяток вагонов в отцепе, что фиксируется в блоке Ф32 срабатыванием реле 4С или 1С и выключением реле З, а затем после отпускания кнопки (фаза 6) - возбуждением реле Ф3. Наконец, четвертое нажатие кнопки (фаза 7), соответствующее заданию числа единиц вагонов, фиксируется реле 1Е . . . 8Е, 1Д и З1.

После отпускания кнопки (шаг 8) срабатывает реле ПМ в блоке Ф32, с помощью которого осуществляется передача сформированного МЗ и КВ в маршрутном режиме (реле 4ПВПГ выключено) в блок РЗ или в программном режиме - в блок 11Н накопителя (реле 4ПВПГ включено).

Перед выполнением задачи 1 следует изучить работу схемы формирователя заданий [ 2, с. 43-52 ]. Используя схему

(см. рис.1) и схематический план горки (см. рис. 2), для каждой фазы ввода заданных в табл. 1 маршрута и количества вагонов в отцепе показать в табл. 2 состояние реле Д, Ф1 . . . Ф3, ( « - « - реле под током; « + « - реле без тока ) и наименование включенных кнопочных реле К и реле С, Е блоков Ф31 и Ф32 ( например, К1, 1С, 4Е ). В последней строке табл. 2 записать в пострелочном коде положение каждой стрелки в маршруте, руководствуясь состоянием реле в блоке Ф31. Например, 10110 - вторая и пятая стрелки по ходу движения отцепа в плюсовом, а первая, третья и четвертая - в минусовом положении. Начертить и кратко описать работу схемы при формировании заданного варианта МЗ и КВ.

## Методические указания к выполнению задачи 2

Одной из важнейших задач, подлежащих решению при автоматизации сортировочной горки, является автоматическое регулирование скорости движения отцепов при их скатывании с горки на пути сортировочного парка.

Системы, предназначенные для этой цели, - системы АРС осуществляют торможение отцепов посредством автоматического управления усилием и продолжительностью нажатия тормозных шин вагонных замедлителей на боковые поверхности колес скатывающегося отцепа. Замедлители первой (горочной) тормозной позиции - I ТП устанавливаются перед (см. рис. 2) или после первой (головной) стрелки спускной части горки. Замедлители второй (пучковой) тормозной позиции - II ПТ устанавливаются перед первыми пучковыми стрелками распределительной зоны спускной части горки. Замедлители третьей (парковой) тормозной позиции - ПТП устанавливаются в начале каждого сортировочного пути. На рис. 2 показан один из возможных вариантов размещения вагонных замедлителей на сортировочной горке, имеющей 4 пучка сортировочных путей и один спускной путь после вершины горки (ВГ), ограждаемый горочным светофором Г.

Замедлители I ТП предназначены для интервального регулирования скорости скатывания отцепов с целью обеспечения гарантированного разделения на последующих стрелках маршрутов следования смежных отцепов, что, в свою очередь, обеспечивает условия для нормального функционирования устройств ГАЦ при реализации заданной программы роспуска.

Замедлители ПТП предназначены для прицельного регулирования скорости движения отцепов с целью обеспечения безопасного соединения вагонов на путях сортировочного парка со скоростью, не превышающей допустимого ее значения  $V_3$ , равного 1,4 м/с ( 5км/ч ).

Замедлители II ТП предназначены как для интервального, так и прицельного регулирования скорости движения отцепов.

При автоматическом регулировании скорости скатывания отцепов устройствами АРС на каждой ТП решаются следующие задачи:

1) вычисляется требуемая по условиям скатывания отцепа скорость его выхода из тормозной позиции (значение заданной скорости) -  $V_3$  ;

2) определяется программа (алгоритм) торможения отцепа как функция скорости его входа на ТП -  $V_{вх}$  и скорости  $V_3$ , которая должна обеспечить при ее реализации минимальное отклонение фактической скорости выхода  $V_{вых}$  отцепа от заданного значения -  $V_3$ .

Практическая реализация функций системы АРС требует применения развитых вычислительных средств для расчета задаваемых значений скоростей  $V_3$  и определения исходных данных для расчетных формул на основе численной обработки данных измерения параметров отцепов и прогнозирования текущих параметров замедлителей.

К числу измеряемых параметров отцепа относятся:

- осевая нагрузка вагонов в отцепе, измеряемая посредством индикатора осевой нагрузки (весомера), устанавливаемого на спускной части горки перед I ТП;

- ускорение движения отцепа, определяемое на измерительном участке ИЗУ спускной части горки и используемое для количественной или качественной оценки ходовых свойств отцепов ( например: X - хороший бегун; С - средний бегун; П - плохой бегун );

- число осей  $n_0$  и вагонов  $N_b$  в отцепе, определяемое посредством установки путевых датчиков счета осей на скоростном уклоне спускной части горки или использования сигналов весомера;

- скорость  $V$  и ускорение(замедление)  $b$  движения отцепа в тормозных позициях, измеряемые посредством установленных в зоне ТП радиолокационных индикаторов скорости (РИС);

- длина свободного пробега отцепа  $L_{св}$  по сортировочному пути до со-единения с впередистоящими вагонами, определяемая с помощью устройств контроля заполнения путей КЗП, устанавливаемых на каждом подгорочном пути.

К числу прогнозируемых параметров замедлителей ТП относятся:

- тормозные усилия  $B_T$  замедлителей на каждой из 4-х ступеней торможения ( уровней давления воздуха в тормозных цилиндрах );

- среднее время  $t_{от}$  оттормаживания замедлителей;

- среднее тормозное усилие  $B_{от}$  замедлителя в течение  $t_{от}$  ;

- удельное, отнесенное к одной оси отцепа, сопротивление движению отцепа при торможении -  $b_0$ ;

- приведенное удельное сопротивление движению отцепа при торможении -  $b_T$ .

Прогнозирование осуществляется на основе использования нормативных значений параметров замедлителя или на основе накопления и последующей статистической обработки данных фактического торможения отцепов конкретными замедлителями.

Кроме указанных выше данных в памяти системы АРС хранятся значения длин и уклонов профиля отдельных участков спускной части горки и сортировочных путей.

Объем и специфика решаемых системами АРС задач потребовали для их технической реализации применения микропроцессорных средств и создания единого комплекса вычислительных средств для автоматизации процесса расформирования составов на горках.

К числу первых отечественных микропроцессорных систем автоматизации работы сортировочных горок относится комплекс горочный микропроцессорный КГМ, который выполнен на базе применения элементной базы микро ДАТ и реализует функции систем ГАЦ, АЗСР, ГПЗУ и АРС. При наличии на горке систем блочной ГАЦ или ГАЦ-КР, последние используются в качестве резервных систем в случае временного отказа устройств КГМ.

#### Расчет заданной скорости выхода отцепа из ПТП - $V_3$

На рис. 3 представлена схема алгоритма расчета скорости выхода отцепов  $V_3$  из ПТП, которая используется в системе КГМ [ 1 ].

Требуемая скорость выхода отцепа  $V_{\text{вых}}$  из ПТП зависит от длины  $L_{\text{п}}$  свободного пробега отцепа до соединения с впереди стоящими вагонами, среднего ускорения равноускоренного движения отцепа  $a_{\text{ср}}$  на участке длиной  $L_{\text{св}}$ , значения скорости движения в конце участка  $L_{\text{св}}$  - прицельной скорости  $V_{\text{с}}$ , которая не должна превышать допустимую скорость соударения вагонов  $V_{\text{с.д.}}$ , и определяется по следующей формуле:

$$V_{\text{вых}} = \sqrt{(V_{\text{с}}^2 - 2a_{\text{ср}}L_{\text{п}})}. \quad (1)$$

Здесь  $L_{\text{п}} = L_{\text{св}} - L_{\text{отц}}$ ;

где  $L_{\text{св}}$  - длина свободной части пути от ПТП до последнего стоящего на пути вагона, ограниченная длиной зоны  $L_{\text{кзп}}$ , контролируемой устройствами КЗП;

$L_{\text{отц}}$  - длина отцепа.

Для каждого типа отцепа (бегуна) можно заранее определить базовую скорость  $V_{\text{баз}}$  выхода отцепа из ПТП, при которой данный отцеп остановится в конце участка свободного пробега максимальной длины:  $L_{\text{п}} = L_{\text{п.макс}}$ , т.е.,  $V_{\text{с}} = 0$ :

$$V_{\text{баз}} = \sqrt{(-2a_{\text{ср}}L_{\text{п.макс}})}. \quad (2)$$

Представим формулу ( 1 ) в следующем виде:

$$V_{\text{вых}} = \sqrt{(V_{\text{с}}^2 - 2a_{\text{ср}}L_{\text{п.макс}}L_{\text{п}}/L_{\text{п.макс}})}. \quad (3)$$

Подставляя  $V_{\text{баз}}$  из формулы ( 2 ) в ( 3 ), получим :

$$V_{\text{вых}} = \sqrt{(V_{\text{с}}^2 + V_{\text{баз}}^2L_{\text{п}}/L_{\text{п.макс}})}. \quad (4)$$

Аналитическое выражение ( 4 ) принято в системе КГМ за основу при определении заданного значения скорости  $V_3$  выхода отцепа из ПТП.

Устройства КЗП, используемые в КГМ для определения величины  $L_{\text{св}}$ , измеряют по запросу системы число свободных участков пути фиксированной длины  $\Delta L = 30$  м на выбранном сортировочном пути. При максимальной длине  $L_{\text{кзп.макс}} = 450$  м контролируемой устройствами КЗП зоны сортировочного пути максимальное возможное число свободных участков составит - 15.

С учетом вышесказанного из выражения ( 4 ) получим расчетную формулу для определения  $V_3$  :

$$V_3 = \sqrt{V_{\text{с}}^2 + V_{\text{баз}}^2L_{\text{кзп}}/L_{\text{кзп.макс}}}. \quad (5)$$

Так как длина  $\Delta L$  контрольных участков КЗП постоянна и известна, то в формуле ( 5 ) под  $L_{\text{кзп}}$  будем понимать число свободных участков, измеряемое устройствами КЗП за парковой тормозной позицией ПТП, а под  $L_{\text{кзп.макс}}$  - максимальное возможное число свободных участков в зоне КЗП, равное 15.

С целью уменьшения вероятности соударения отцепов с повышенными скоростями прицельные скорости  $V_c$  выбираются различными для бегунов различного типа с помощью коэффициента  $k$ :  $V_c = kV_{с.д}$ , где  $V_{с.д} = 1,4$  м/с - максимально допустимая скорость соударения отцепов на сортировочных путях. Коэффициент  $k$  (см. табл. 4) может зависеть от типа отцепа (бегуна) и длины  $L_{п.}$ . Чем выше ходовые свойства отцепа (лучше бегун) или чем больше длина пробега, тем меньшее значение должен иметь коэффициент  $k$ . Коэффициент  $k$  определяется экспериментально, а затем уточняется и корректируется в процессе эксплуатации системы.

Окончательно формула для определения  $V_3$  принимает следующий вид :

$$V_3 = \sqrt{[(kV_{с.д})^2 + V_{баз}^2 L_{кзп} / 15]} \quad (6)$$

Рассмотрим пример расчета скорости  $V_3$  для условного отцепа (среднего бегуна - С), состоящего из двух вагонов.

Для определения в соответствии с алгоритмом (см. рис. 3) значения  $V_{баз}$ , которое выбирается из таблицы предварительно рассчитанных системой КГМ для различных бегунов значений базовой скорости, необходимо вначале определить расчетный тип бегуна (отцепа).

С этой целью алгоритмом КГМ (см. рис. 3, блок 3) предусмотрено вычисление среднего значения ускорения  $a$  равноускоренного движения отцепа по участку длиной  $L$  от последней разделительной стрелки до рельсовой цепи, контролирующей свободу (занятость) участка пути с замедлителем на ПТП. При вступлении отцепа на рельсовую цепь ПТП запускается программа, реализующая алгоритм вычисления  $V_3$ .

Блок 1 алгоритма вычисляет среднюю скорость движения отцепа по участку  $L$ . Для равноускоренного движения отцепа справедливо:

$$V_{ср} = L / \Delta T, \text{ м/с}, \quad (7)$$

где  $L$  - длина участка перед ПТП, м;  
 $\Delta T$  - измеренное время движения отцепа по участку  $L$ , с.

### Алгоритм расчета скорости выхода $V_3$ из ПТП

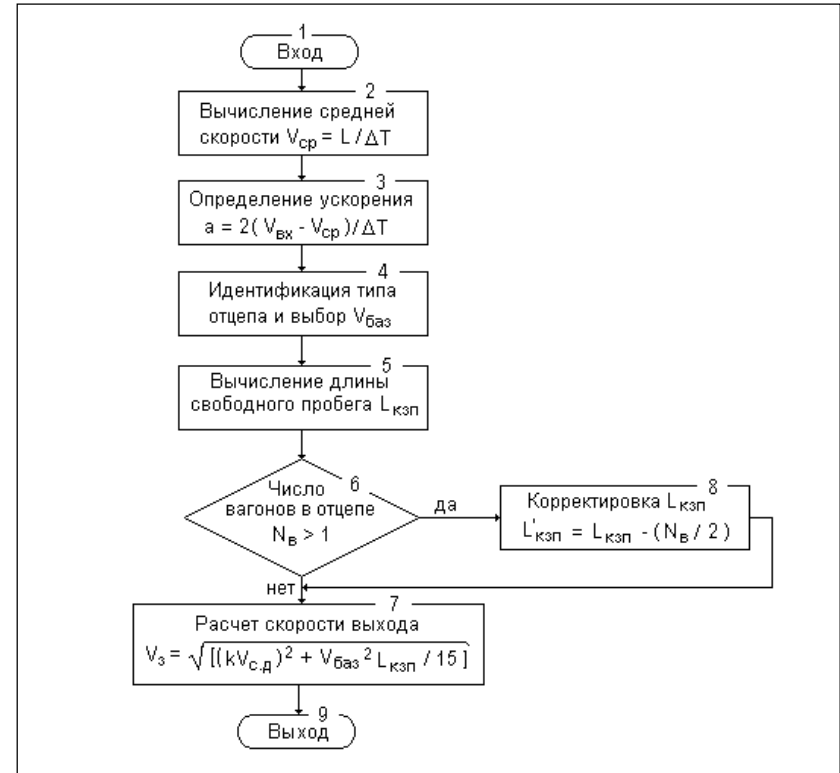


Рис. 3

При выполнении студентами задания значения  $L$  и  $\Delta T$  выбираются из табл. 3, для приводимого примера расчета принимаем:  $L = 72$  м;  $\Delta T = 17,05$  с.

*Примечание:* условно считаем, что измерение временных интервалов производится с абсолютной погрешностью, не превышающей 25 мс.

Подставляя значения  $L$  и  $\Delta T$  в формулу (7), получим :

$$V_{cp} = 72 / 17,05 = 4,223 \text{ м/с} .$$

Из теории равноускоренного движения известно, что :

$$V_{cp} = (V_n + V_k) / 2. \quad (8)$$

Здесь:  $V_n$  - скорость в начале равноускоренного движения отцепы с ускорением  $a$ ;  $V_k$  - конечная скорость движения отцепы .

$$V_n = V_k - a\Delta T . \quad (9)$$

Подставив  $V_n$  из формулы (9) в (8), получим:  $V_{cp} = V_k - a\Delta T/2$ , откуда находим расчетную формулу для вычисления ускорения  $a = 2(V_k - V_{cp}) / \Delta T$ . В нашем случае, конечная скорость  $V_k$  есть ничто иное, как скорость входа  $V_{вх}$  отцепы на участок ПТП, т.е.:

$$a = 2(V_{вх} - V_{cp}) / \Delta T, \text{ м/с}^2. \quad (10)$$

Система КГМ, измерив значение скорости входа  $V_{вх}$  отцепы на ПТП, в соответствии с формулой (10) осуществляет вычисление значения  $a$  (блок 3 алгоритма). Измерение скорости производится радиолокационным скоростемером типа РИС-В2 (РИС-В3) в км/ч, при этом ошибка при округлении значения скорости не превышает по модулю - 0,25 км/ч.

Значения скорости  $V_{вх}$  для различных вариантов задания приведены в табл. 3. Для нашего примера принимаем значение  $V_{вх} = 15,5$  км/ч и производим расчет ускорения  $a$  по формуле (10):

$$a = 2(0,278 \cdot 15,5 - 4,233) / 17,05 = 10,09 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2 .$$

Расчетный тип отцепы (бегуна) выбираем из табл. 4 по граничным значениям ускорения  $a$  в зоне перед ПТП. Так как  $a > 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$ , то данный отцеп по результатам расчета следует отнести к хорошему бегуну ( $X$ ), в то время,

как по заданию он относится к классу средних бегунов. Ошибки в определении типа расчетных бегунов могут быть связаны, главным образом, с инструментальными ошибками измерения и последующего округления скорости входа отцепы на ПТП ( $V_{вх.факт} \neq V_{вх}$ ) или с методической ошибкой, обусловленной принятым допущением о равноускоренном движении отцепов в зоне перед ПТП, в то время, как в силу ряда случайных или объективных, но неучитываемых системой факторов, фактическое движение отцепов будет отличаться от равноускоренного, т.е.:  $a \neq const$ .

Для расчетного хорошего бегуна выбираем из табл. 4 расчетные значения базовой скорости  $V_{баз}$  выхода отцепы из ПТП ( $V_{баз} = 5$  км/ч), и коэффициента  $k$  ( $k = 0,7$ ). Сравнивая аналогичные параметры для среднего бегуна, можно заранее предположить, что заданное значение скорости  $V_3$  выхода отцепы будет занижено, что может привести к преждевременной остановке отцепы.

Для определения  $V_3$  в соответствии с формулой (6) данные о  $L_{кзп}$  берутся из табл. 3 по предпоследней цифре шифра студента. Для нашего примера используем следующие данные:  $L_{св} = 250$  м;  $L_{кзп} = 9$ .

Приведенные в табл. 4 значения  $L_{кзп}$  есть показания устройств КЗП до выхода отцепы из ПТП, поэтому эти значения следует уменьшать на целую часть частного от деления числа вагонов в отцепе на 2, т.е. при двух вагонах в отцепе :

$$L'_{кзп} = L_{кзп} - 1 = 9 - 1 = 8.$$

Подставляя полученные данные в формулу (6), определим значение  $V_3$ :

$$V_3 = \sqrt{(0,7 \cdot 1,4)^2 + (0,278 \cdot 5)^2 \cdot 8 / 15} = \sqrt{0,960 + 1,03} = \sqrt{1,99} = 1,41 \text{ м/с}.$$

Переводя значение  $V_3$  в км/ч и округляя его с абсолютной погрешностью по модулю не более 0,25 км/ч, получим:  $V_3 = 1,41 / 0,278 = 5,0$  км/ч .



Результаты расчета скорости  $V_3$  следует оформить в виде табл.5.

Таблица 5

Результаты расчета								
Вариант задания	$V_{ср}$ , м/с	$a$ , $10^{-3}$ м/с <sup>2</sup>	Расчетный тип отцепа	Фактический тип отцепа	$L_{ксп}$	$L_{ксп}$	$V_{ср}$ , км/ч	$V_{с.факт}$ , м/с
Пример расчета	4,223	10,09	X	C	8	9	5,0	0,495

Определение фактической скорости соударения отцепов

Для определения фактической скорости  $V_c$  соударения отцепов используем формулу ( 1 ), которую преобразуем к следующему виду:

$$V_c = \sqrt{V_3^2 + 2a_{ср}L_{п}} = \sqrt{V_3^2 + 2a_{ср}(L_{св} - L_{отц})}, \text{ м/с.} \quad (11)$$

При этом, с целью упрощения расчетов допускаем, что фактическая скорость  $V_{вых}$  отцепа из ПТП равна заданной  $V_3$ , т.е. устройства системы КГМ точно отрабатывают значение  $V_3$ . Усредненное по пути пробега  $L_{п}$  отцепа значение ускорения движения  $a_{ср}$  определяем по формуле:

$$a_{ср} = g'(i_c - w_o)10^{-3}, \text{ м/с}^2. \quad (12)$$

Значения величин  $g'$ ,  $i_c$  и  $w_o$  выбираются из табл. 4 для заданного фактического типа отцепа. Длину отцепа  $L_{отц}$  вычисляем как произведение числа вагонов в отцеpe  $N_{в}$  на условную длину одного 4-х осного вагона, равную 14 м. Значения  $L_{св}$  и  $N_{в}$  выбираются из табл.3.

Из табл. 4 для нашего примера имеем:  $i_c = 1\%$ ;  $g' = g'_{(C)} = 9,51 \text{ м/с}^2$ ;  $w_o = w_{o(c)} = 1,4 \text{ Н/кН}$ . По условию задачи:  $L_{св} = 250 \text{ м}$ ;  $L_{отц} = 2 \cdot 14 = 28 \text{ м}$ .

Индекс «с» при  $g'$  и  $w_o$  указывает на фактическую принадлежность отцепа к классу средних бегунов ( C ), в отличие от расчетного типа бегуна ( X ), полученного при определении  $V_3$ .

Подставим значения известных переменных в формулы ( 12 ) и ( 11 ):

$$a_{ср} = 9,51(1 - 1,4)10^{-3} = -3,8 \cdot 10^{-3}, \text{ м/с}^2 ;$$

$$V_c = V_{с.факт} = \sqrt{[(0,278 \cdot 5,0)^2 + 2(-3,8)(250 - 28)10^{-3}] = \sqrt{0,245} = 0,495 \text{ м/с} .$$

Фактическое значение  $V_{с.факт}$  получилось практически в два раза меньше расчетного значения прицельной скорости:

$$V_c = k \cdot V_{с.д.} = 0,7 \cdot 1,4 = 0,98 \text{ м/с} .$$

Последнее объясняется тем, что по причине ошибки измерения фактических параметров движения отцепа значение  $V_3$  определялось для хорошего бегуна, в то время, как средний бегун, имея более высокое сопротивление движению ( $1,4 > 1,23 \text{ Н/кН}$ ), снизит свою скорость в конце участка пробега  $L_{п}$  на большую величину, чем прогнозировалось при расчете  $V_3$ .

В данном конкретном случае ошибка определения  $V_3$  не привела, как мы ожидали ранее, к преждевременной остановке отцепа. Однако, в тех случаях, когда подкоренное выражение при вычислении  $V_{с.факт}$  получает отрицательное значение, имеет место преждевременная остановка отцепа с образованием «окна» длиной  $L_o$ , которая может быть определена по формуле:

$$L_o = (V_3^2 + 2a_{ср}L_{п})/2a_{ср}. \quad (13)$$

Допустим, например, что в нашем случае был бы фактически не средний бегун, а плохой, т.е.:  $g' = g'_{(m)} = 9,16 \text{ м/с}^2$ ;  $w_o = w_{o(m)} = 1,75 \text{ Н/кН}$ . Тогда, в соответствии с формулами (11) и (12):

$$a_{ср} = 9,16(1 - 1,75)10^{-3} = -6,87 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2 ;$$

$$V_{с.факт} = \sqrt{(1,932 - 3,05)} = \sqrt{(-1,118)}, \text{ м/с} ,$$

т.е. имеет место «окно», длину которого определяем по формуле ( 13 ):

$$L_o = (-1,118)/2(-6,87 \cdot 10^{-3}) = 81,4 \text{ м} .$$

При наличии «окна» его значение вносят в табл. 5, предварительно заменив заголовок соответствующего ее столбца с  $V_{с.факт}$ , м/с на  $L_o$ , м. Преждевременная остановка отцепов на сортировочных путях приводит к недоиспользованию полезной длины путей для накопления вагонов. Чтобы устранить «окна» необходимо выполнить маневровые операции по осаживанию вагонов, что требует увеличения интервала между роспусками и приводит к дополнительным эксплуатационным затратам.

Результаты выполнения расчета  $V_{с.факт}$  (или  $L_o$ ) занести в табл.5.

По полученным данным построить график, иллюстрирующий изменение скорости движения отцепа вдоль сортировочного пути (в координатах: скорость - путь).

При построении графика допускается отрезки пути показывать условно не в масштабе, в то время, как при изображении скорости следует придерживаться масштаба, выбираемого произвольно по усмотрению студента.

На рис. 4 показан пример построения графика изменения скорости движения отцепа вдоль пути для рассмотренного выше случая.

Произвести расчет удельной работы, затраченной замедлителем ПТП на торможение отцепа, (погашаемой энергетической высоты отцепа -  $h_{т.ф.}$  м.э.в.), и сравнить ее с расчетным нормативным значением -  $h_T$ , которое для замедлителя типа КНП-5 равно 1,2 м.э.в.

Расчетная (нормативная) погашаемая высота отцепа  $h_T$  характеризует максимальную удельную работу, совершаемую замедлителем при торможении одного 4-х осного полногрузного вагона и нормативном давлении в тормозной магистрали, равном 0,65 МПа. Измеряется величина  $h_T$  в метрах энергетической высоты (м.э.в.).

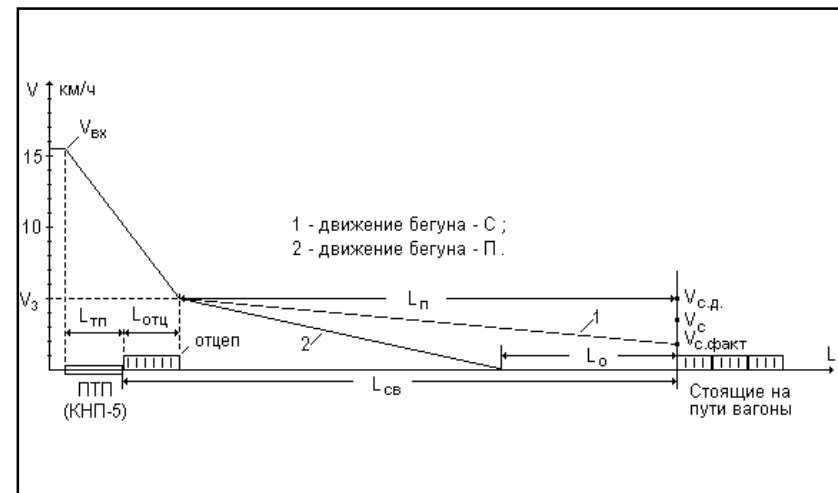
Значение  $h_{т.ф.}$  можно определить по формуле:

$$h_{т.ф.} = (V_{вх}^2 - V_{вых}^2) / 2g^2, \text{ м.э.в.} \quad (14)$$

Подставляя в уравнение (14) данные из примера расчета при  $V_{вых} = V_3$ , получим:  $h_{т.ф.} = [(0,278 \cdot 15,5)^2 - (0,278 \cdot 5,0)^2] / 2 \cdot 9,51 = 0,87 \text{ м.э.в.}$

Следовательно, можно сделать вывод о том, что необходимая удельная тормозная мощность замедлителя для реализации  $V_3$  не превышает значения  $h_T$ .

**График изменения скорости движения отцепа  
вдоль сортировочного пути**



**Рис. 4**

# СТАНЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

*Рабочая программа  
и задание на контрольную работу  
с методическими указаниями*

Редактор Г.В. Т и м ч е н к о  
Компьютерная верстка Д. В. Ж а р и к о в а

ЛР № 020307 от 28.11.1991

---

Тип. зак.	Изд. зак. 60	Тираж 700
Подписано в печать	Офсет.	
Печ. л. 2,25		Формат 60x90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>

---

Издательский центр РГОТУПСа,  
125808, Москва, ГСП-47, Часовая ул., 22/2  
Типография РГОТУПСа, 107078, Москва, Басманный пер., 6