

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

СОГЛАСОВАНО:

УТВЕРЖДАЮ:

Выпускающей кафедрой

«Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь»

Проректор – директор Российской открытой академии транспорта

_____ Апатцев В.И.

Зав. кафедрой _____ Горелик А.В.

(подпись, Ф.И.О.)

(подпись, Ф.И.О.)

«__» _____ 20__ г.

«__» _____ 20__ г.

Кафедра: «Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь»
(название кафедры)

Авторы: Боровков Ю.Г., к.т.н., доц., Савченко П.В., асс. Веселова А.С.

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ С МЕТОДИЧЕСКИМИ УКАЗАНИЯМИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**

**«Станционные системы автоматики и телемеханики (дополнительные
разделы)»**

(название дисциплины)

Направление/специальность: **190901.65 Системы обеспечения движения поездов**

Профиль/специализация: **«Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте (СА)»**

Квалификация (степень) выпускника: **Специалист**

Форма обучения: **Заочная**

Одобрена на заседании Учебно-методической комиссии РОАТ

Протокол № _____

«__» _____ 20__ г.

Председатель УМК _____

(подпись, Ф.И.О.)

Одобрена на заседании кафедры
«Железнодорожная автоматика,
телемеханика и связь»

Протокол № _____

«__» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой _____ Горелик А.В.

(подпись, Ф.И.О.)

Москва 2015г.

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 расцепляется 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 отцепках 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 курсовой работы является анализ и исследование станционных систем горочной автоматики, реализующих функции ГАЦ и АРС.

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

Решения по каждой задаче задания курсовой 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.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ СТАНЦИОННЫХ СИСТЕМ ГОРОЧНОЙ АВТОМАТИКИ

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 формирователя 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 отцепе	10	19	11	18	12	17	13	16	14	5

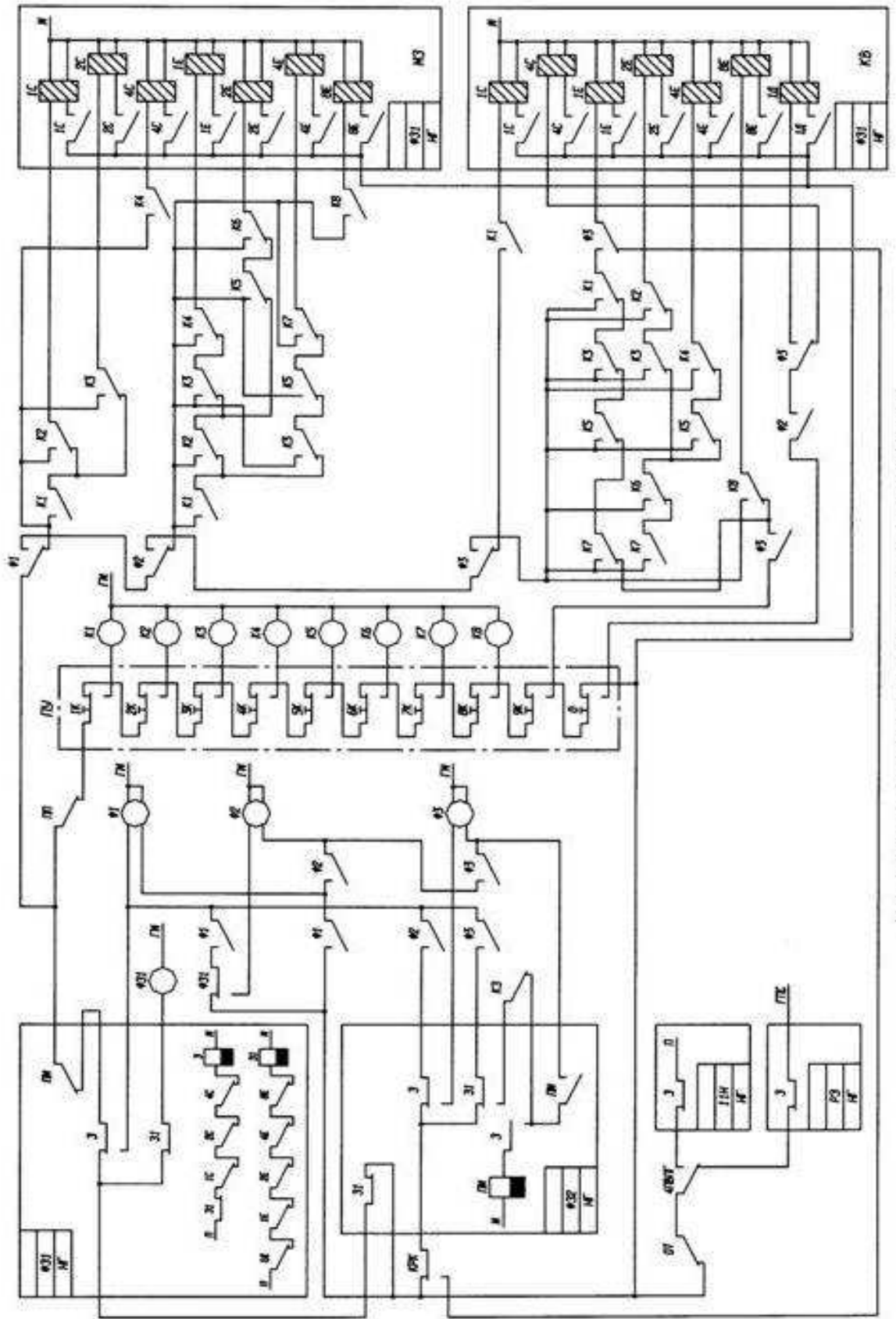


Рис. 1 СХЕМА ФОРМИРОВАТЕЛЯ ЗАДАНИЯ СИСТЕМЫ ГТЦ-КР

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_0 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.

Таблица 3

Исходные данные	Номер варианта (последняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество вагонов в отцепае, N_B	1	2	3	1	5	1	1	3	2	1
Тип отцепа (фактический)	Х	П	С	Х	П	С	Х	С	П	Х
Длина участка L до ПТП, м	125	112,5	112,5	100	100	112,5	112,5	125	137,5	137,5
Время	32,25	25,15	26,50	25,95	22,40	26,50	29,15	29,40	30,70	35,40

движения ΔT отцепа по участку L , с										
Скорость входа отцепа на ПТП - V_B , 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

Примечание: Вариант значений $L_{КЗП}$ и $L_{СВ}$ должен выбираться по предпоследней цифре шифра.

Таблица 4

Исходные данные	Тип отцепа		
	П	С	Х
Среднее значение основного удельного сопротивления движению отцепа, W_o , Н/кН	1,75	1,40	1,23
Ускорение свободного падения с учетом инерции вращающихся масс бегуна, g' , м/с ²	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 прицеливания, k	1,0	0,86	0,7
Максимально-допустимая скорость соударения отцепов, V_c , м/с	1,4	1,4	1,4
Значение уклона профиля сортировочного пути в зоне КЗП, I_c , ‰	1	1	1
Значение ускорения движения отцепа в зоне перед ПТП, a , 10^{-3} , м/с ²	<4,12	4,12÷6,70	>6,70

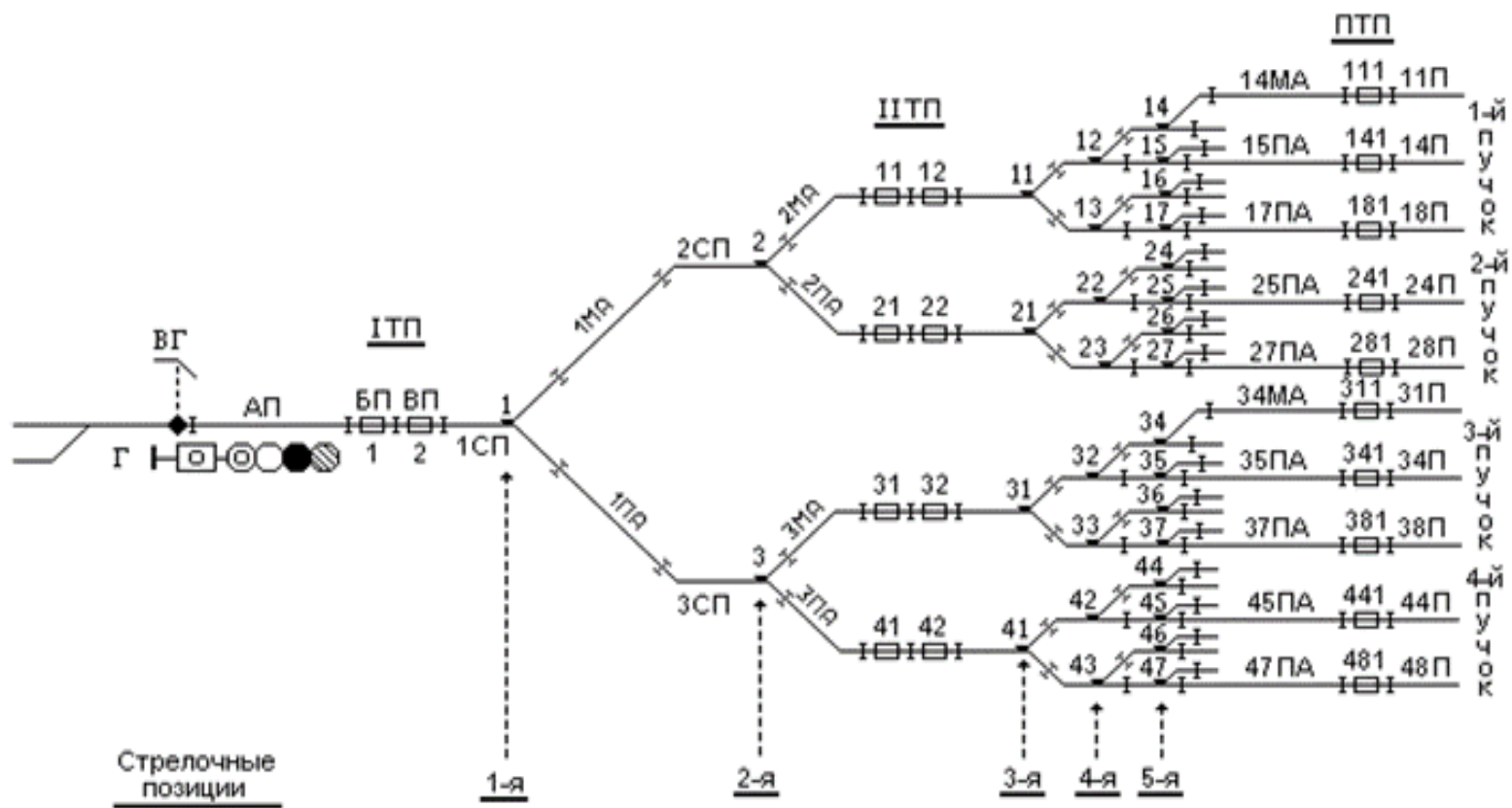


Рис. 2

Задача 3

3.1. Выполнить расчет программы торможения отцепа для автоматической отработки заданного значения скорости выхода отцепа V_3 из ПТП, используя вычислительный алгоритм, описание которого дано в настоящих методических указаниях. Результаты расчета представить в графическом виде.

3.2. Произвести оценку фактической скорости выхода отцепа $V_{\text{вых}}$ из ПТП при реализации расчетной программы торможения и построить график, иллюстрирующий изменение скорости отцепа при движении по замедлителю парковой тормозной позиции.

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 ФЗ1 маршрут скатывания отцепа (маршрутное задание - МЗ) в виде двухзначного 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 двоично-десятичное 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 отцепках, 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 переведена 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 ФЗ1 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 ФЗ2.

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 ФЗ1, 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 положениях. 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 ТП устанавливаются перед первыми пучковыми стрелками распределительной зоны спускной части горки. Замедлители третьей (парковой) тормозной позиции - III ТП 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_c , 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: Х - 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 соединения с впереди стоящими вагонами, определяемая с помощью устройств контроля заполнения путей КЗП, устанавливаемых на каждом подгорочном пути.

К числу прогнозируемых параметров замедлителей ТП относятся:

- тормозные усилия V_t замедлителей на каждой из 4-х ступеней торможения (уровней давления воздуха в тормозных цилиндрах);
- среднее время $t_{от}$ оттормаживания замедлителей;
- среднее тормозное усилие $V_{от}$ замедлителя в течение $t_{от}$;
- удельное, отнесенное к одной оси отцепа, сопротивление движению отцепа при торможении - b_o ;
- 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 микроДАТ 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 блок-схема алгоритма расчета скорости выхода отцепов V_3 из ПТП, которая используется в системе КГМ [1].

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

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

Здесь: $L_{п} = L_{св} - L_{отц}$;

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

$L_{отц}$ - длина отцепа.

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

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

Представим формулу (1) в следующем виде:

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

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

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

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 :

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

Так как длина ΔL 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 $V_{\text{с}}$ выбираются различными для бегунов различного типа с помощью коэффициента k : $V_{\text{с}} = k \cdot V_{\text{с.д}}$, где $V_{\text{с.д}} = 1,4$ м/с - максимально допустимая скорость соударения отцепов на сортировочных путях. Коэффициент k (см. табл. 4) может зависеть от типа отцепа (бегуна) и длины $L_{\text{п}}$. 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:

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

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 $V_{\text{баз}}$, 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.

Алгоритм расчета скорости выхода V_3 отцепов из ПТП



Рис. 3

При вступлении отцепа на рельсовую цепь ПТП запускается программа, реализующая алгоритм вычисления V_3 .

Блок 2 алгоритма вычисляет среднюю скорость движения отцепа по участку L . Для равноускоренного движения отцепа справедливо:

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

где L - длина участка перед ПТП, м;

ΔT - измеренное время движения отцепа по участку L , с.

При выполнении студентами задания значения L и ΔT 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 ΔT 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 отцепа с ускорением a ; V_k - конечная скорость движения отцепа.

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

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 не что иное, как скорость входа $V_{вх}$ отцепа 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 $V_{вх}$ отцепа на ПТП, осуществляет в соответствии с формулой (10) 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):

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

Расчетный тип отцепа (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 отцепа на ПТП ($V_{\text{вх.факт}} \neq V_{\text{вх}}$) 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.: $a \neq \text{const}$.

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

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

Приведенные в табл. 4 значения $L_{\text{кзп}}$ есть показания устройств КЗП до выхода отцепа 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:

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

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	$V_{\text{ср}}$, м/с	a , 10^{-3} м/с ²	Расчетный тип отцепа	Фактический тип отцепа	$L'_{\text{кзп}}$	$L_{\text{кзп}}$	V_3 , км/ч	$V_{\text{с.факт}}$, 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 $V_{\text{с}}$ соударения отцепов используем формулу (1), которую преобразуем к следующему виду:

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

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

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

Значения величин g' , i_c и w_o выбираются из табл. 4 для заданного фактического типа отцепа. Длину отцепа $L_{\text{отц}}$ вычисляем как произведение числа вагонов в отцепе $N_{\text{в}}$ на условную длину одного 4-х осного вагона, равную 14 м. Значения $L_{\text{св}}$ и $N_{\text{в}}$ 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: $L_{\text{св}}=250\text{м}$; $L_{\text{отц}}=2 \cdot 14=28\text{м}$.

Индекс "с" при g' и w_o указывает на фактическую принадлежность отцепа к классу средних бегунов (С), в отличие от расчетного типа бегуна (Х), полученного при определении V_3 .

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

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

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

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

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

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 $L_{\text{п}}$ 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 $V_{\text{с.факт}}$ получает отрицательное значение, имеет место преждевременная остановка отцепа с образованием "окна" длиной L_o , которая может быть определена по формуле:

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

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

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

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

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_0 , 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_0) 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.

График изменения скорости движения отцепа вдоль сортировочного пути

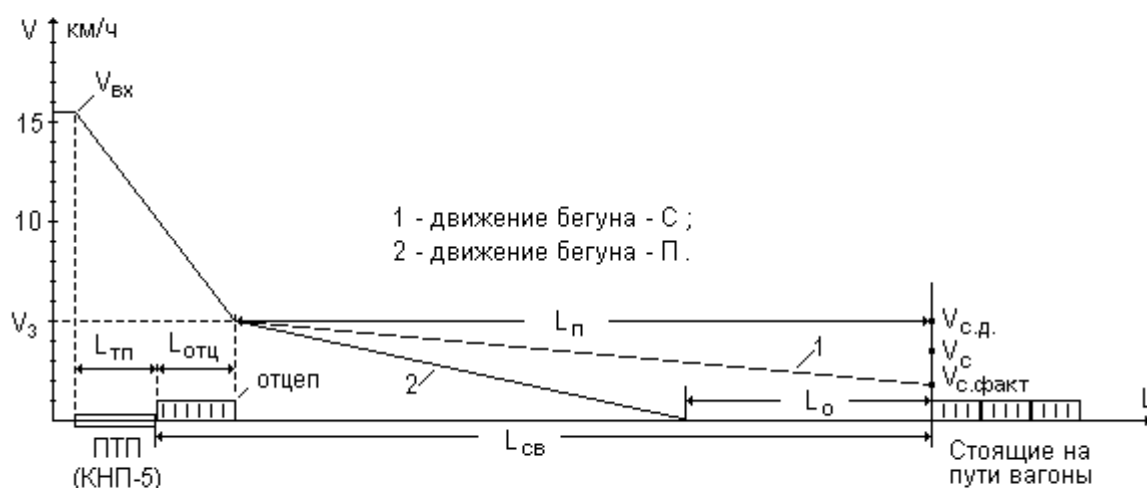


Рис. 4

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:

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

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

Следовательно, можно сделать вывод о том, что потребная удельная тормозная мощность замедлителя для реализации V_3 не превышает значения $h_{\text{т}}$.

Методические указания к выполнению задачи 3

После вычисления значения скорости V_3 требуется ее реализовать с минимальной погрешностью путем реализации соответствующего торможения отцепа.

Расчет программы торможения отцепа на ПТП

На рис. 5 представлен вычислительный алгоритм программы торможения отцепа на ПТП, которая в графическом виде представлена на рис. 6 для расчетного хорошего бегуна из предыдущего примера.

Алгоритм определения программы торможения отцепа на ПТП

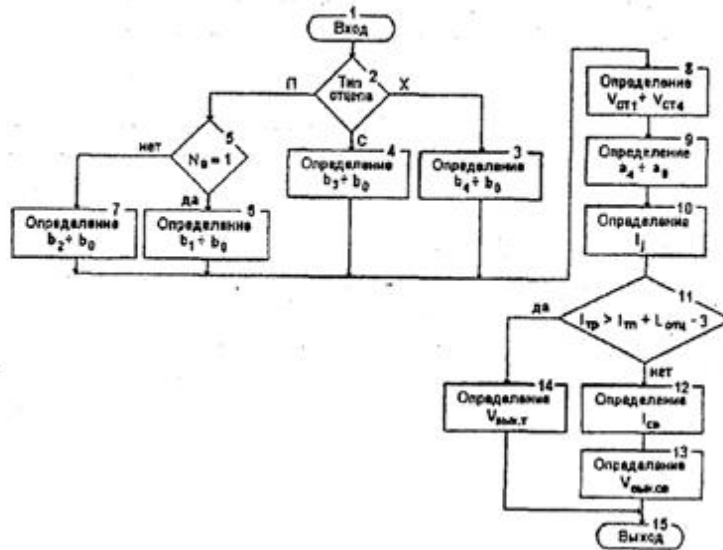


Рис. 5.

Расчетная программа торможения отцепа на ПТП

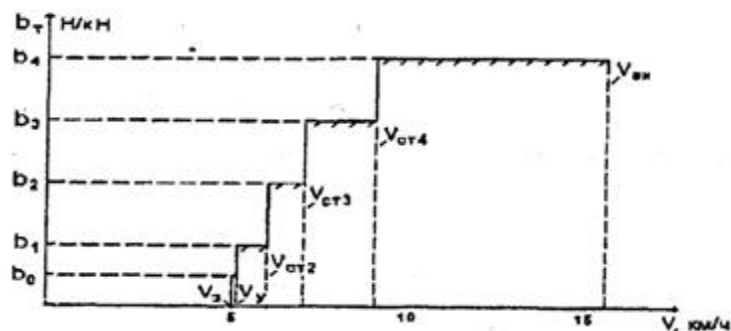


Рис. 6

Замедлитель типа КНП-5, установленный на ПТП, является замедлителем нажимного типа и имеет 4 ступени торможения (4 градации усилий нажатия тормозных шин замедлителя под воздействием давления воздуха в тормозных цилиндрах), которые устройства АРС могут использовать в процессе автоматического торможения отцепов.

Вагонный замедлитель как исполнительный механизм обладает инерционностью, т.е. после подачи команды на оттормаживание (выпуск воздуха из тормозных цилиндров) тормозные шины некоторое время (время оттормаживания замедлителя) еще находятся в прижатом состоянии до тех пор, пока давление не снизится практически до нуля, при котором произойдет «развал» шин и освобождение колес отцепа.

Для снижения погрешности вытормаживания отцепа до требуемой скорости V_3 необходимо давать команду на оттормаживание несколько раньше, чем фактическая скорость отцепа V_ϕ достигнет заданного значения V_3 , когда $V_\phi = V_y > V_3$.

Здесь V_y – значение уставки по скорости, при достижении которого дается команда на оттормаживание замедлителя и которое определяется по формуле:

$$V_y = V_3 - a_0 \cdot t_{от}, \quad (15)$$

где a_0 – замедление движения отцепа за время оттормаживания $t_{от}$ (при торможении a_0 имеет отрицательное значение и часто называется интенсивностью торможения отцепа). Для замедлителя типа КНП-5, $t_{от} = 1,2$ с.

Чтобы уменьшить значение разности скоростей ($V_y - V_3$), называемой упреждением по скорости, и тем самым снизить погрешность реализации заданной скорости V_3 в случае ошибки при прогнозировании величины a_0 , оттормаживание отцепа желательно производить на самой низкой (первой) ступени торможения, т.е. при минимальной интенсивности торможения.

Удельное сопротивление движению отцепа b_t от воздействия тормозящей силы B_t зависит как от установленной ступени торможения, так и от веса Q отцепа и числа осей в нем.

Обозначим величину b_t при торможении хорошего бегуна (полногрузного 4-осного вагона) при максимальной (четвертой) ступени торможения, как b_x . Тогда в общем случае при произвольном числе вагонов N_B в отцепе величину b_t для хороших, средних и плохих бегунов можно выразить через величину b_x следующим образом

$$b_{тх} = b_x / N_B; \quad b_{тс} = 2 \cdot b_x / N_B; \quad b_{тп} = 3 \cdot b_x / N_B. \quad (16)$$

Из выражения (16) следует, что чем легче отдельный вагон, тем большее значение имеет величина b_t по отношению к b_x , и, в то же время, чем больше вес отцепа (число вагонов), тем меньше величина b_t .

Действительно, допустим, что в замедлителе находится одна колесная пара хорошего бегуна, состоящего из N_B вагонов одного и того же

веса Q_x , и на неё воздействует тормозная сила V_T . В этом случае удельное сопротивление движению отцепки от торможения можно представить, как:

$$b_{TX} = V_T / (N_B \cdot Q_x) = b_x / N_B.$$

Если принять, что $Q_x = 2 \cdot Q_c = 3 \cdot Q_{II}$, то для среднего и плохого бегунов, стоящих также из N_B вагонов одного и того же веса, соответственно Q_c и Q_{II} , можно написать

$$b_{TC} = V_T / (N_B \cdot Q_c) = 2 \cdot V_T / (N_B \cdot Q_x) = 2 \cdot b_x / N_B;$$

$$b_{TII} = V_T / (N_B \cdot Q_{II}) = 3 \cdot V_T / (N_B \cdot Q_x) = 3 \cdot b_x / N_B.$$

Значение b_x при известном значении b_T замедлителя можно определить, используя следующее соотношение: $h_T = b_x \cdot (l_{TII} + l_{oc}) \cdot 10^{-3} = b_x \cdot l_T \cdot 10^{-3}$, где h_T – удельная работа, совершаемая замедлителем при торможении хорошего бегуна на всем протяжении его нахождения в замедлителе, т.е. на тормозном пути l_T , равном сумме длин тормозной позиции (замедлителя) – l_{TII} и отцепки по крайним осям – l_{oc} (рис. 7). Из данного соотношения следует

$$b_x = h_T \cdot 10^3 / l_T = h_T \cdot 10^3 / (l_{TII} + l_{oc}), \text{ Н/кН}. \quad (17)$$

Умножение числителя дроби (17) на 10^3 необходимо для перевода размерности тормозной силы V_T от кН к Н.



Рис. 7

Принимая расстояние от центра автосцепки вагона до ближайшей оси равным в среднем 1,5 м, считаем, что $l_{oc} = l_{отц} - 3$.

Рабочая длина замедлителя КНП-5 по тормозным балкам равна 12,5 м, т.е. $l_{TII} = 12,5$ м. Подставляя исходные данные в формулу (17), определяем значение величины b_x

$$b_x = 1,2 \cdot 10^3 / (12,5 + 14 - 3) = 51,06 \text{ Н/кН.}$$

При вступлении отцепа на р.ц. ПТП запускается программа торможения отцепа, определяемая в соответствии со схемой алгоритма, представленной на рис. 5. Блок 2 на схеме анализирует тип отцепа, вступившего на р.ц. ПТП по результатам проведенного ранее расчета V_3 . В нашем примере отцеп является расчетным хорошим бегуном, состоящим из 2-х вагонов. Для данного отцепа с учетом соотношений (16), определим значение $b_{тх}$ для каждой из 4-х ступеней торможения, исходя из допущения, что снижение на одну ступень приводит к уменьшению удельной тормозной силы b_t на 25%

$$b_4 = b_{тх} = b_x / 2 = 25,53 \text{ Н/кН}; \quad b_3 = 0,75 \cdot b_4 = 19,15 \text{ Н/кН};$$

$$b_2 = 0,5 \cdot b_4 = 12,77 \text{ Н/кН}; \quad b_1 = 0,25 \cdot b_4 = 6,38 \text{ Н/кН.}$$

Величину b_0 определяем, как среднее значение удельной тормозной силы при линейном законе изменения b_t от b_1 до нуля за время оттормаживания $t_{от}$, т.е. $b_0 = 0,5 \cdot b_1 = 3,19 \text{ Н/кН}$. На схеме алгоритма эту задачу решает блок 3.

В основу рассматриваемого варианта программы торможения положен следующий принцип. Если отцеп является хорошим бегуном, то начало торможения осуществляется с 4-й ступени торможения независимо от числа вагонов. Если отцеп относится к классу средних бегунов, то начало его торможения производится 3-й ступенью (см. блок 4 на схеме алгоритма) независимо от числа вагонов в отцепе. Если отцеп относится к классу легких бегунов, то блок 5 алгоритма производит вначале анализ числа вагонов в отцепе. Если отцеп состоит из одного вагона, то торможение осуществляется только первой ступенью (см. блок 6), в противном случае – торможение начинается со 2-й ступени торможения (см. блок 7).

Примечание: так как все младшие ступени торможения определяются относительно старшей четвертой ступени торможения, то расчет величины b_4 должен производиться всякий раз независимо от числа фактически используемых ступеней торможения.

Торможение отцепа на каждой выбранной ступени должно осуществляться до достижения последним установленного для данной ступени значения скорости $V_{ст}$, уменьшаемой с понижением номера ступени торможения.

Значения скоростей для каждой ступени определяются блоком 8 по следующему алгоритму

$$V_{ст1} = V_y; \quad V_{ст2} = V_3 + 1; \quad V_{ст3} = V_3 + 2; \quad V_{ст4} = V_3 + 4, \text{ км/ч.}$$

Применительно к полученным ранее при решении задачи 2 данным значения скоростей $V_{ст}$ для расчетного хорошего бегуна будут следующие

$$V_{ст1} = V_y; V_{ст2} = 6; V_{ст3} = 7; V_{ст4} = 9, \text{ км/ч.}$$

Для определения уставки по скорости V_y по формуле (15) необходимо первоначально определить значение a_0

$$a_0 = g' \cdot (i_{пт} - w_0 - b_0) \cdot 10^{-3}, \text{ м/с}^2. \quad (18)$$

Здесь: $i_{пт}$ – приведенный уклон профиля на пути торможения отцепа, значение которого при расчетах принимаем равным $2^\circ/_{00}$.

Подставляя известные данные в формулу (18), вычислим величину a_0 для расчетного хорошего бегуна

$$a_0 = 9,58 \cdot (2 - 1,23 - 3,19) \cdot 10^{-3} = - 23,18 \cdot 10^{-3}, \text{ м/с}^2.$$

Тогда, в соответствии с формулой (15)

$$V_y = 5 + 3,6 \cdot (1,2 \cdot 23,18 \cdot 10^{-3}) = 5 + 0,1 = 5,1 \text{ км/ч.}$$

Следовательно, $V_{ст1} = V_y = 5,1 \text{ км/ч.}$

По результатам выполненного расчета необходимо построить в произвольном масштабе расчетную программу торможения отчета в виде графика, пример выполнения которого показан на рис. 6.

Расчет фактической скорости выхода отцепа $V_{вых}$ из ПТП

Для определения пути $l_{тр}$, проходимого отцепом за время его торможения от скорости входа $V_{вх}$ на ПТП до заданной скорости V_z , необходимо вычислить фактическую интенсивность торможения отцепа на каждой ступени торможения. Если фактический по заданию тип отцепа отличается от расчетного типа отцепа, то необходимо для заданного типа отцепа произвести сначала расчет фактических значений удельных тормозных сил b_t , используя соотношения (16). Так как в нашем случае фактический тип отцепа = средний бегун, который отличается от расчетного типа – хорошего бегуна, то, следовательно, нам необходимо определить истинное значение b_t для среднего бегуна

$$b_4 = b_{тс} = 2 \cdot b_x / 2 = b_x = 51,06 \text{ Н/кН}; b_3 = 0,75 \cdot b_x = 38,30 \text{ Н/кН};$$

$$b_2 = 0,5 \cdot b_x = 25,53; b_1 = 0,25 \cdot b_x = 12,77; b_0 = 0,5 \cdot b_1 = 6,38 \text{ Н/кН.}$$

Система АРС имеет полученную тем или иным способом информацию только о расчетном типе отцепа, поэтому она использует и соответствующие этому типу отцепа число ступеней торможения. Очевидно, что реально на каждой из установленных ступеней торможения данный отцеп будет тормозиться замедлителем с интенсивностью, соответствующей торможению фактического типа отцепа. При вычислении фактической

интенсивности торможения отцепа (см. блок 9) для каждой ступени используем формулу, аналогичную (18)

$$a_4 = g'_c \cdot (i_{пт} - w_{oc} - b_4) \cdot 10^{-3} = 9,51 \cdot (2 - 1,4 - 51,06) \cdot 10^{-3} = - 0,48 \text{ м/с}^2;$$

$$a_3 = g'_c \cdot (i_{пт} - w_{oc} - b_3) \cdot 10^{-3} = 9,51 \cdot (2 - 1,4 - 38,3) \cdot 10^{-3} = - 0,359 \text{ м/с}^2;$$

$$a_2 = 9,51 \cdot (2 - 1,4 - 25,53) \cdot 10^{-3} = - 0,237 \text{ м/с}^2;$$

$$a_1 = 9,51 \cdot (2 - 1,4 - 12,77) \cdot 10^{-3} = - 0,116 \text{ м/с}^2;$$

$$a_0 = 9,51 \cdot (2 - 1,4 - 6,38) \cdot 10^{-3} = - 0,055 \text{ м/с}^2.$$

Так как упреждение по скорости V_y , равное произведению $a_0 \cdot t_{от}$, система АРС определяет для расчетного бегуна (в нашем случае – для хорошего бегуна), а фактически тормозится реальный бегун (в нашем случае – средний бегун), то скорость отцепа $V_{отц}$ после оттормаживания, на момент начала его свободного скатывания без торможения, будет отличаться от V_3 и равна

$$V_{отц} = V_y + a_0 \cdot t_{от} = 5,1 - 3,6 \cdot (0,055 \cdot 1,2) = 4,86 \text{ км.}$$

Путь l_j , проходимый отцепом за время торможения на каждой ступени торможения, определяется блоком 10 алгоритма по формуле

$$l_j = 0.5 \cdot (V_{кj}^2 - V_{нj}^2) / a_j, \text{ м.} \quad (19)$$

Здесь: $V_{нj}$, $V_{кj}$ – скорости отцепа, соответственно, в начале и в конце торможения j -й ступенью;

a_j – интенсивность торможения отцепа j -й ступенью.

Используя формулу (19), произведем расчет значений l_j для тормозимого фактического среднего бегуна

$$l_4 = 0.5 \cdot (V_{ст4}^2 - V_{вх}^2) / a_4 = \\ = - 0,5 \cdot [(0,278 \cdot 9)^2 - (0,278 \cdot 15,5)^2] / 0,48 = 12,82 \text{ м};$$

$$l_3 = 0.5 \cdot (V_{ст3}^2 - V_{ст4}^2) / a_3 = \\ = - 0,5 \cdot [(0,278 \cdot 7)^2 - (0,278 \cdot 9)^2] / 0,359 = 3,44 \text{ м};$$

$$l_2 = 0.5 \cdot (V_{ст2}^2 - V_{ст3}^2) / a_2 = \\ = - 0,5 \cdot [(0,278 \cdot 6)^2 - (0,278 \cdot 7)^2] / 0,237 = 2,13 \text{ м};$$

$$l_1 = 0.5 \cdot (V_{ст1}^2 - V_{ст2}^2) / a_1 = \\ = - 0,5 \cdot [(0,278 \cdot 5,1)^2 - (0,278 \cdot 6)^2] / 0,116 = 3,32 \text{ м};$$

$$l_0 = 0.5 \cdot (V_{ст0}^2 - V_{ст1}^2) / a_0 = \\ = - 0,5 \cdot [(0,278 \cdot 4,86)^2 - (0,278 \cdot 5,1)^2] / 0,055 = 1,64 \text{ м.}$$

Далее определяем суммарный тормозной путь отцепа $l_{тр}$

$$l_{тр} = \sum_{j=0}^4 l_j = 12.82 + 3.44 + 2.13 + 3.32 + 1.64 = 23.35 \text{ м.}$$

Разность между полным тормозным путем отцепа l_T и фактическим $l_{тр}$ есть путь $l_{св}$, проходимый отцепом без торможения в пределах тормозной позиции. Для двухвагонного отцепа $l_T = l_{ПП} + l_{отц} - 3 = 12,5 + 2 \cdot 14 - 3 = 37,5$ м, откуда $l_{св} = l_T - l_{тр} = 37,5 - 23,35 = 14,15$ м.

Так как $i_{ПП} > w_0$, то при свободном скатывании на длине $l_{св}$ отцеп вновь будет ускоряться, пока не покинет пределы ПТП. Определим фактическую скорость выхода $V_{вых.св}$ отцепа из ПТП при свободном движении после торможения, воспользовавшись формулой (11) и подставив в нее соответствующие переменные

$$V_{вых.св} = \sqrt{4.86^2 + 3.6^2 \cdot [2 \cdot 9.51 \cdot (2 - 1.4) \cdot 0.0142]} = \sqrt{25.72} = 5,07 \text{ км/ч.}$$

Ошибка в реализации скорости выхода $V_{вых}$ составляет

$$\Delta V = V_{вых.св} - V_3 = 0,07 \text{ км/ч.}$$

После определения $l_{тр}$ блок 11 схемы алгоритма производит сравнение полного тормозного пути l_T и фактического $l_{тр}$. Если $l_{тр} \leq l_T$, то выполняется операция вычисления $l_{св}$ в блоке 12 и вычисляется значение скорости $V_{вых.св}$ в блоке 13. В противном случае, блоком 14 осуществляется вычисление фактической скорости выхода $V_{вых.т}$ из заторможенного замедлителя.

Допустим, что $l_{тр} > l_T$. В этом случае необходимо определить минимальный номер «n» ступени торможения, при использовании которой еще выполняется следующее неравенство:

$$l_{тр} - l_T - \sum_{j=0}^n l_j = \Delta l > 0,$$

где $n = 0, 1, \dots, 4$.

Тогда ступень торможения с номером «n» будет искомой ступенью, при торможении которой отцеп покидает ПТП. Значение $V_{вых.т}$ определяется по следующей формуле в блоке 14

$$V_{вых.т} = \sqrt{V_{ст.н}^2 - 2 \cdot a_n \cdot \Delta l}, \text{ м/с.} \quad (20)$$

Например, если $a_n = a_2$, то отцеп покинет ПТП со скоростью $V_{вых.т}$ при торможении второй ступенью торможения, а именно

$$V_{\text{вых.т}} = \sqrt{V_{\text{ст.2}}^2 - 2 \cdot a_2 \cdot \Delta l} .$$

По результатам расчета фактической скорости выхода $V_{\text{вых}}$ отцепа из ПТП необходимо построить график исполненного торможения отцепа фактического типа, иллюстрирующий изменение скорости движения отцепа в ПТП и пример выполнения которого показан на рис. 7. На графике следует выделить все участки торможения, а также скорости V_3 , $V_{\text{ст}}$ и $V_{\text{вых}}$ в соответствии с полученными расчетными данными.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1, Сапожников Вл. В. и др. Станционные системы автоматики и телемеханики. М.: Транспорт, 1997.
2. Модин Н.К. Механизация и автоматизация станционных процессов. М.: Транспорт, 1985.
3. Фонарев Н.М. Автоматизация процесса расформирования составов на сортировочных горках. М.: Транспорт, 1971.