

Информационные технологии реализации интервального регулирования скоростей скатывания отцепов на сортировочных горках



А. М. Лященко,
старший преподаватель
кафедры «Электрический
транспорт железных
дорог», Ростовский
государственный
университет путей
связи (РГУПС)



Д. В. Швалов,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Автоматика
и телемеханика
на железнодорожном
транспорте», РГУПС

В процессе скатывания отцепов могут создаваться различные ситуации, при которых первоначальный интервал между отцепами, определяемый скоростью роспуска, может значительно меняться, т. е. возникает разность во времени прохождения отцепов до мест их разделения и образуется так называемый диф. В этих случаях появляется опасность нагона одних отцепов другими, в результате чего нагоняющие отцепы могут попасть не на свои пути назначения. Для исключения таких явлений при роспуске состава необходимо свести к минимуму величину дифа, что достигается применением интервального регулирования. При установлении скоростей выхода отцепов из тормозных позиций (ТП) кроме расчетных скоростей по прицельному регулированию учитываются ситуации, складывающиеся на спускной части горки. Последние определяются скоростью роспуска, местонахождением смежных отцепов, маршрутами их следования, скоростями выхода из тормозных позиций, ходовыми свойствами отцепов и

В блок-схеме интервального регулирования скоростей в зоне пучковой тормозной позиции (ТП) предусмотрено взаимодействие с подсистемой горочной автоматической централизации (ГАЦ МН), формирующей информацию о стрелках разделения, расхождении по последней стрелке, ходовых свойствах отцепов, плохих маршрутах и др. Датчики прохождения осей позволяют ввести модель идентификации интервалов между отцепами. Предложенные продукционные правила выбора автоматом интервальных скоростей выхода отцепов из пучковой ТП формализованы для трех ситуаций взаимного расположения отцепов.

их сочетанием, планом и профилем горки.

Регулирование скорости выхода отцепов из пучковой ТП предусматривает исключение возможности нагонов на разделительных стрелках, лежащих за этой ТП (интервальное регулирование), а также обеспечение необходимой дальности пробега отцепа до места сцепления с вагонами, стоящими на путях, с допустимой скоростью соударения (прицельное регулирование) [1].

Необходимость наложения на пучковую ТП функций интервального и прицельного регулирования объясняется следующими соображениями. При скатывании отцепов с горки создаются как благоприятные ситуации, когда отцепы делятся головными или пучковыми стрелками, так и неблагоприятные, при которых возможны нагоны, когда вслед за хорошим следует плохой бегун на далекое расстояние и разделение этих отцепов происходит на последней стрелке спускной части горки.

Если исходить из равномерного распределения отцепов по подгорочным путям, то разделение отцепов по последней стрелке будет только для 3 % отцепов. При этом следует иметь в виду, что неблагоприятные ситуации складываются не для всех отцепов, делимых последней стрелкой. В тех случаях, когда за плохим

бегуном следует хороший или хороший бегун за хорошим, хороший за средним, средний за средним и т. п., а также при скатывании длинных отцепов складываются более благоприятные условия для скатывающихся отцепов. Таким образом, при качественной специализации подгорочных путей, допуская некоторое неравномерное распределение отцепов по пучкам, можно утверждать, что неблагоприятные ситуации складываются не более чем для 1–2 % отцепов.

Пучковая ТП позволяет свести к минимуму разность во времени следования отцепов до места их разделения, согласовать противоречивые задачи, стоящие перед интервальным и прицельным регулированием, и обеспечить высокий темп роспуска при относительно небольшой мощности замедлителей парковых ТП. Кроме того, обеспечиваются оптимальные условия работы парковых замедлителей и наиболее безопасные условия скатывания отцепов.

В системе горочной автоматики предусмотрены элементы, которые непрерывно учитывают складывающуюся ситуацию на спускной части горки, определяют (с помощью системы ГАЦ) стрелки, по которым произойдет разделение отцепов, их расположение относительно друг друга, требуемую даль-

ность пробега отцепов и другие факторы. Эти элементы в увязке с системами задания переменных скоростей роспуска и управления горочным локомотивом позволяют в значительной степени повысить перерабатывающую способность сортировочных горок.

Значения скоростей выхода отцепов из парковых ТП определяются условиями только целевого регулирования.

Скорости выхода отцепов из пучковой $v_{\text{вых.П}}$ и парковой $v_{\text{вых.ПТ}}$ ТП вычисляются на основе следующих уравнений:

$$v_{\text{вых.П}} = \sqrt{v_{\text{сп}}^2 - 2a_x l_{x_{\text{П}}} + 2g'(9\sum\alpha + 20n)10^{-5} + 2g'kh_{\text{ТП}}}, \quad (1)$$

$$v_{\text{вых.ПТ}} = \sqrt{v_{\text{сп}}^2 - 2a_x l_{x_{\text{ПТ}}}}, \quad (2)$$

где $2g'(9\sum\alpha + 20n)10^{-5}$ — квадрат дополнительной скорости, которую должен иметь отцеп, чтобы преодолеть сопротивления от кривых и стрелок, лежащих по маршруту его следования;

g' — ускорение силы тяжести с учетом инерции вращающихся частей вагона;

α — угол поворота кривой;

n — количество стрелок по пути следования отцепа;

a_x — ускорение движения отцепа;

$v_{\text{сп}}$ — расчетная скорость соударения;

$l_{x_{\text{П}}}$ и $l_{x_{\text{ПТ}}}$ — требуемые дальности пробега отцепа, т. е., соответственно, расстояния от II и III ТП до хвоста стоящих на путях вагонов;

$2g'h_{\text{ТП}}$ — квадрат скорости, эквивалентной мощности парковой ТП;

k — коэффициент, определяющий часть мощности парковой ТП, зависящей от обратной величины расчетной скорости выхода [$k = f(a_x l_{x_{\text{П}}})$].

Значение произведения $2g'kh_{\text{ТП}}$ предельно определяется расчетным путем, исходя из мощности парковой ТП и величины произведения $a_x l_{x_{\text{П}}}$, и при вычислении скорости выхода из пучковой ТП учитывается автоматически.

Интервальное регулирование в зоне пучковой ТП осуществляется следующим образом. Для отцепа 2, входящего на пучковую ТП, проверяется ситуация по отношению как к впереди идущему отцепу 1, так и к позади идущему отцепу 3. Устройства интервального регулирования в зоне II ТП получают следующую информацию:

- о расхождении по двум первым стрелкам за пучковой ТП (реле ПИР) и расхождении по последней стрелке (реле ПСР); поступает из накопителя информации (Н «И») с верхней тормозной позиции;
- ходовых свойствах входящего отцепа (ХБ — хороший бегун, ПБ — плохой бегун); поступает из накопителя информации измеренного ускорения (Н «а»);
- маршрутах с большим сопротивлением движению («плохой» маршрут — ПМ); поступает из накопителя маршрутов (Н «М»);
- малой скорости выхода отцепа 1 (МСВ); поступает из устройства управления пучковой ТП (У2);
- расстоянию (интервале) между колесными парами как отцепов 1 и 2, так и отцепов 2 и 3 по нахождению этих отцепов на изолированных участках; при этом интервалы между отцепами 2 и 3 фиксируются в моменты схода отцепа 2

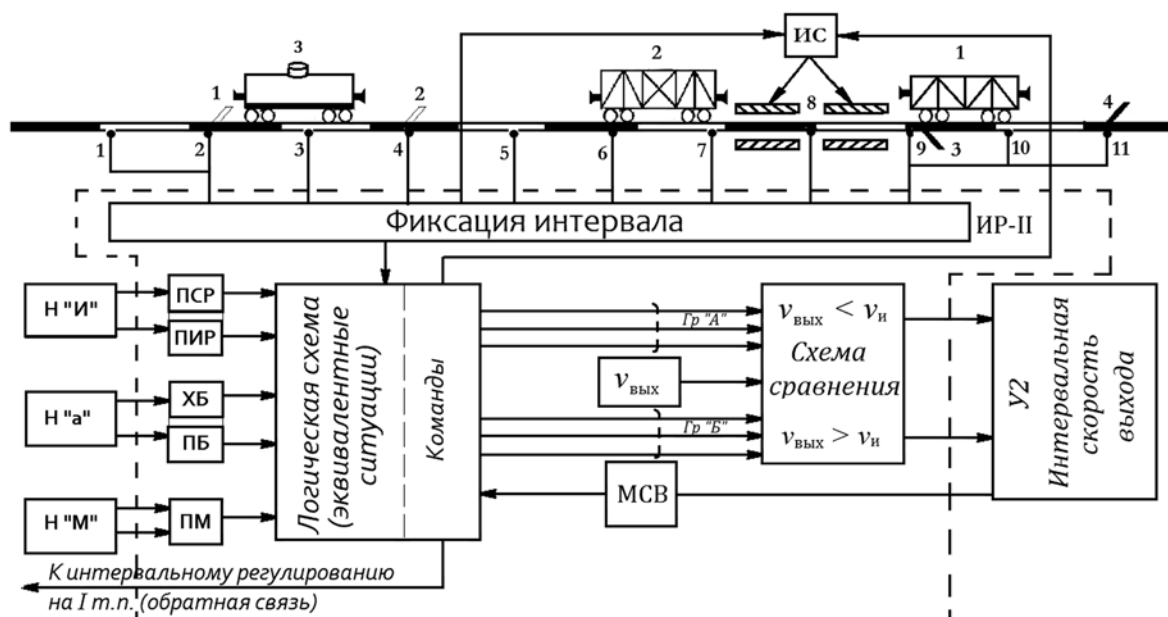
и совместно с другой принятой информацией преобразуются в логической схеме в команды группы «А»; интервал между отцепами 2 и 1 фиксируется в моменты схода отцепа 1 и также совместно с другой принятой информацией преобразуется в логической схеме в команды группы «Б»;

- вычисленной скорости выхода $v_{\text{вых.}}$.

Команды, характеризующие возможные интервальные скорости для данной ситуации, проходят через логическую схему сравнения, где сопоставляются вычисленные и требуемые интервальные скорости. Если вычисленная скорость менее требуемой интервальной ($v_{\text{вых}} < v_{\text{и}}$), то при поступлении команды группы «А» эта информация проходит в устройство управления У2 и задается соответствующая интервальная скорость, а при поступлении команды группы «Б» интервальная скорость не задается. Если вычисленная скорость более требуемой интервальной ($v_{\text{вых}} > v_{\text{и}}$), то команда на задание интервальной скорости в устройстве управления У2 будет передана только при поступлении команды группы «Б».

При интервале между отцепами менее двух участков особо фиксируется ситуация «малый интервал» между отцепами 2 и 3 (возбуждается реле МИР), при которой передается команда непосредственно в исполнительное устройство ИС, управляющее замедлителями.

При движении нескольких отцепов с малыми интервалами или выходе отцепов на занятый путь с малой скоростью



Блок-схема интервального регулирования в зоне пучковой тормозной позиции

создается критическая ситуация в зоне пучковой ТП.

Восприятие информации, определяющей ситуацию для отцепа, входящего на II ТП, и преобразование ее в соответствующие команды формируются в блоке ИР-II. Путем сопоставления фактической скорости выхода впереди идущего отцепа со II ТП и расчетной скорости выхода для позади идущего с учетом ходовых свойств и интервала между отцепами определяется интервальная скорость, посылаемая в блок управления пучковой ТП У2.

В блоке ИР-II размещены элементы схемы приема и фиксации информации (фактической скорости выхода отцепа со II ТП, расчетной скорости выхода для идущего вслед отцепа, фактического интервала между отцепами, ходовых свойств отцепов); связи между I и II ТП; индикации основной информации и реле учета складывающихся ситуаций (группы «А» и «Б»).

Схема блока ИР-II выполняет следующие функции:

- прием и фиксация информации о следовании отцепов на один пучок, расхождении отцепов по последней стрелке, ходовых свойствах отцепов, идущих вслед друг за другом (хороший бегун для позади идущего, плохой для впереди идущего), фактической и заданной скоростях выхода отцепа из II ТП;
- посылка информации в интервальный блок ИР-I о неблагоприятной ситуации, сложившейся на II ТП;
- определение фактического интервала между отцепами и выбор команды, посылаемой в блок управления II ТП У2, для задания интервальной скорости выхода отцепа, входящему на эту позицию или находящемуся в ее пределах (для этого отцепа учитывается ситуация как впереди, так и позади него);
- контроль основной фиксируемой информации — расхождение отцепов по пучковой или последней стрелке, «малый» интервал между отцепами, «малая» скорость выхода, хороший бегун и ситуация «нагон».

Для непрерывной идентификации интервалов между смежными отцепами 1–2 (первая пара) и 2–3 (вторая пара) используется логико-алгебраическая пространственно-временная модель, в основе которой лежат отношения *rls* — «располагаться друг за другом» и *rle* — «находиться в зоне».

Для ситуации скатывания, представленной на рисунке, формализован-

ное представление взаимного расположения отцепов в момент t_i показано ниже:

$$\begin{aligned} &(O_4^1 rls O_3^1 rls O_2^1 rls O_1^1) rls (\partial_{10} rle \text{ Стр3}) \\ &\&(O_4^1 rls O_3^1 rls O_2^1 rls O_1^1) rls (\partial_{11} rle \text{ Стр4}) \\ &\&(O_4^2 rls O_3^2 rls O_2^2 rls O_1^2) rls (\partial_8 rle \text{ II ТП}) \\ &\&(O_4^2 rls O_3^2 rls O_2^2 rls O_1^2) rls (\partial_7 rle \text{ II ТП}) \quad (3) \\ &\&(O_4^3 rls O_3^3 rls O_2^3 rls O_1^3) rls (\partial_4 rls \partial_5 rls \partial_6) \\ &\&(O_4^3 rls O_3^3) rls (\partial_3 rle \text{ Стр1}) rt(t_i), \end{aligned}$$

где условно обозначены оси отцепов: например, O_4^1, O_4^2, O_4^3 — четвертые оси, соответственно, первого, второго и третьего отцепов; $\partial_3, \partial_4, \partial_5, \dots, \partial_{11}$ — датчики прохода осей.

Датчики прохода осей обязательно размещаются на каждой стрелке (по три датчика) и на каждой ТП — на входе и выходе.

По мере прохождения осей через счетные точки (датчики) модель ведет прогноз (по скоростям) уменьшения или увеличения интервалов между отцепами.

Реализация пространственно-временной модели (3) сопровождается возбуждением соответствующих реле. Например, реле МИР 1–2, МИР 2–3 обозначают малые интервалы между 1 и 2, а также 2 и 3.

Если позади идущий отцеп тяжелый, «длинный» (четыре или более четырехосных выгонов) и плохой бегун является третьим, следующим на тот же пучок, что и первые два отцепа, то эта информация фиксируется в первом случае на реле ХБ, во втором — на реле ПБ.

В соответствии с фактическим интервалом между отцепами и соотношением их параметров создаются определенные ситуации, соответствующие группе А или Б, при которых в блоке ИР-II формируются команды согласно программам интервального регулирования. Программой интервального регулирования для II ТП предусматриваются десять интервальных скоростей в диапазоне 7–16 км/ч с градацией через 1 км/ч, посылаемых в блок управления II ТП У2 для корректировки расчетной скорости выхода.

Первая группа сведена к четырем эквивалентным ситуациям, фиксируемым на реле 1А, 2А и 4А, и определяется для первого отцепа при его подходе или нахождении на II ТП при условии следования второго отцепа на этот же пучок.

Каждой из четырех ситуаций соответствует возбужденное состояние реле 1А; 2А; 1А и 2А; 4А.

При вступлении второго отцепа на II ТП до выхода с нее первого отцепа создается ситуация, фиксируемая как «нагон». В этом случае посылается команда непосредственно в цепь управления замедлителями (блок ИМ_{I-II} для оттормживания второго по ходу замедлителя и установки в тормозное положение первого замедлителя).

Если первый отцеп вышел со II ТП с ограниченной скоростью (7–12 км/ч), то в зависимости от сложившейся ситуации и конкретной величины этой скорости в устройство управления дается команда на задание малой скорости выхода и второму отцепа. В этом случае в блоке У2 возбуждается реле малой скорости МСР, которое своими контактами размыкает цепи реле, фиксирующих вычисленную скорость, и задает соответствующую малую скорость выхода второму отцепа со II ТП.

Используя состояние реле, возбуждаемых от сигналов подсистемы ГАЦ МН [2] с учетом ведения пространственно-временной модели (3), формулируются продукционные правила выбора скоростей выхода отцепов из пучковой ТП.

В группе А при вычислении скоростей выхода отцепов из 2 ТП используется следующая информация:

- стрелка разделения $C_{\text{разд}}$;
- количество участков между отцепами $N_{\text{уч}}$;
- тип бегуна X, П;
- возбуждающиеся реле 1А, или 2А, или 4А;
- состояние интервальных реле ИНР-1, ИНР-2, ИНР-3 и реле скорости 1С;
- состояние реле ПСР.

Пример продукционного правила выбора интервальной скорости выхода отцепов из второй тормозной позиции в ситуации 1А:

$$\begin{aligned} S_{2\text{ТП}}^{1A} \in &(((C_{\text{разд}} = 3) \vee (C_{\text{разд}} = 4) \vee (C_{\text{разд}} = 5)) \\ &\&(N_{\text{уч}} = 3) \vee ((N_{\text{уч}} = 2) \&(1A = 1)) \\ &\&(ИНР 1 = 1)) \vee ((ИНР 3 = 1) \&(П = 1) \\ &\vee (x = 1))) : R(V_{\text{инт}} = 14 \text{ км/ч}). \end{aligned} \quad (4)$$

Если возникает ситуация 2А, то продукционное правило формализуется выражением:

$$\begin{aligned} S_{2\text{ТП}}^{2A} \in &(((C_{\text{разд}} = 3) \vee (C_{\text{разд}} = 4) \&(N_{\text{уч}} = 1)) \\ &\vee ((N_{\text{уч}} = 2) \vee (ПСР = 0) \&(2A = 1)) \\ &\&(ИНР 1 = 1) \vee (ИНР 2 = 1) \&(x = 1)) \\ &\vee ((N_{\text{уч}} = 1) \&(ИНР 2 = 1))) : \\ &R(V_{\text{инт}} = 15 \text{ км/ч}). \end{aligned} \quad (5)$$

В ситуации, когда задействована стрелка разделения № 5 (на рисунке не

показана), возбуждено реле ПСР и производственное правило для этой ситуации 3А представляется выражением

$$S_{2ТП}^{3А} \in (((C_{разд} = 5) \& (ПСР = 1) \& (N_{уч} = 1)) \vee ((N_{уч} = 2) \& (П = 1)) \vee ((x = 1) : R(v_{инт} = 16 \text{ км/ч}). \quad (6)$$

Если количество участков между отцепами равно 1, качество бегуна «средний» или «плохой» при возбужденном реле ИНР-1 и 1С, то в блоке ИР-II возбуждается реле 4А и рассчитывается интервальная скорость $v_{инт} = 17 \text{ км/ч}$.

Производственные правила формализованы для варианта, когда $v_{выч} < v_{инт}$.

Команды на задание интервальной скорости при ситуации, фиксируемой реле группы «А», будут посланы в блок У2 при условии, если вычисленная скорость меньше требуемой интервальной ($v_{выч} < v_{инт}$). В случае ситуации, фиксируемой реле группы «Б», команды будут посланы, если вычисленная скорость больше интервальной ($v_{выч} > v_{инт}$). Поступление в блок У2 команды на задание интервальной скорости вызывает возбуждение основного интервального реле ИНР-1, которое размыкает цепь питания реле скорости, зафиксировав-

шего в блоке вычисленную расчетную скорость, и совместно с дополнительными интервальными реле (ИНР-2, ИНР-3 и МИР) задает требуемую интервальную скорость.

Основная интервальная скорость, устанавливаемая реле ИНР-1 в блоке У2, равна 16 км/ч (реле 4С). Снижение этой скорости на 1 км/ч достигается с помощью реле ИНР-2. Для снижения скорости еще на 1 км/ч используется реле ИНР-3.

При необходимости повышения интервальной скорости относительно основной на 1 или 2 км/ч используются реле скорости, соответственно, 1С и 2С (в блоке У2).

Вторая группа сведена к четырем эквивалентным ситуациям, фиксируемым на реле 1Б, 2Б и 3Б, и определяется для второго отцепа, подходящего начиная с участка РЦ, где установлен датчик 5, или вступившего на II ТП после схода с нее первого отцепа.

Реле групп «А» и «Б», фиксирующие интервальные ситуации, возбуждаются от коротких импульсов тока, посылаемых в момент схода отцепа с соответствующих рельсовых цепей, и блоки-

руются до выхода отцепа с первого замедлителя II ТП (участок 5П с датчиком № 7). После схода отцепа с участка 5П вся информация, определяющая ситуацию для данного отцепа, сбрасывается, а установленная интервальная скорость удерживается до полного выхода отцепа со II ТП.

Интервальные скорости выхода отцепа со II ТП определяются при помощи логической схемы, построенной в соответствии с программой интервального регулирования, учитывающей сложившуюся ситуацию, фактическую скорость выхода впереди идущего отцепа со II ТП (реле 1Ф–4Ф) и вычисленную скорость выхода со II ТП (реле 1С–4С) входящего в нее отцепа. ■

Литература

1. Фонарев Н. М. Автоматизация процесса расформирования составов на сортировочных горках. М.: Транспорт, 1971.
2. Шабельников А. Н., Иванченко В. Н. Теория разработки и техническая реализация многофункциональной системы автоматизации процессов расформирования поездов: моногр. Ростов-н/Дону: РГУПС, 2012. 415 с.

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЖУРНАЛ
О НАУКЕ,
ЭКОНОМИКЕ,
ПРАКТИКЕ



www.rostransport.com

ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ ИЗДАНИЯ:

- ◆ способствовать объединению всех направлений транспортного комплекса России;
- ◆ детально освещать проблемы развития транспортной системы России;
- ◆ продвигать достижения отечественной науки в транспортном комплексе России.

Тел./факс: (812) 310-40-97
190031, Санкт-Петербург, Московский пр., д.9
E-mail: transportrf@mail.ru, rt@rostransport.com