

МПС — СССР

**ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

---

Аспирант МУХА Ю. А.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ  
АВТОМАТИЗАЦИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ РОСПУСКА  
СОСТАВОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

*Библиогека ДИИТ.*

Днепропетровск

НТБ  
ДНУЖТ

20880

*Тиблотаева Дит'а*

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Ученого Совета или прислать свои отзывы о работе по адресу:

Днепропетровск, Севастопольская ул. 15.

Институт инженеров железнодорожного транспорта.

Публичная защита диссертации состоится на заседании Ученого Совета

в декабре 1963 года.

Дата отправки

22 октября

НТБ  
ДНУЖТ

МПС — СССР

**ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

---

Аспирант МУХА Ю. А.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ  
АВТОМАТИЗАЦИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ РОСПУСКА  
СОСТАВОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель, — доктор  
технических наук, профессор  
**Н. Р. Ющенко.**

Днепропетровск  
1963

2088a.

НТБ  
ДНУЖТ

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта. Экспериментальная часть работы проведена на сортировочных горках станций Верховцево и Основа

НТБ  
ДНУЖТ

## ВВЕДЕНИЕ

Программой КПСС, принятой на XXII съезде партии, намечено в ближайшее время осуществить в массовом масштабе комплексную механизацию и автоматизацию основных производственных процессов во всех отраслях народного хозяйства, в том числе и на железнодорожном транспорте.

Одним из наиболее сложных и трудоемких процессов на железнодорожном транспорте является переработка вагонов на горках сортировочных станций.

Учитывая, что с ростом грузооборота железных дорог и концентрацией сортировочной работы объем переработки на сортировочных станциях значительно возрастает, важное значение приобретает проблема автоматизации сортировочных горок и повышение их перерабатывающей способности.

В настоящее время в этих целях и у нас и за рубежом разработан ряд систем автоматического регулирования скорости скатывающихся с горки отцепов (системы АРС, ЦНИИ, АРС ГТСС и др.) и разрабатывается система телеуправления горочными локомотивами, надвигающими составы на горку (ТГЛ ЦНИИ).

Наряду с автоматизацией регулирования скорости скатывающихся отцепов большим резервом повышения перерабатывающей способности сортировочных горок является автоматизация процесса надвига составов с переменной скоростью.

В настоящее время регулирование скорости роспуска осуществляется горочным оператором. Границы регулирования скорости определяются оператором на глаз и естественно зависят от его опыта. В этих условиях значительно снижается эффективность системы автоматического регулирования скорости скатывающихся отцепов (АРС) и устройств телеуправления.

Несмотря на большую практическую ценность регулирования скорости роспуска, вопросы автоматизации данного процесса изучены еще недостаточно. Поэтому в диссертационной работе основ-

ными задачами исследования являются математическое описание процесса роспуска составов с переменной скоростью и выбор главных видов информации, необходимой для эффективного регулирования скорости роспуска составов.

Для решения этих задач в работе рассмотрены следующие вопросы:

а) анализ существующих способов и рекомендуемый способ расчета скорости скатывания отцепов с горки и оценка надежности и точности последнего на основе экспериментальных данных;

б) исследование степени влияния различных факторов на допустимую скорость роспуска и выявление наиболее существенных из них;

в) математическое описание процесса роспуска состава с переменной скоростью и численный метод определения оптимального режима роспуска состава;

г) экономическая эффективность применения переменной скорости роспуска.

Диссертационная работа состоит из 7 глав, основное содержание которых состоит в следующем.

**В первой главе** излагается состояние и краткий анализ теории и практики регулирования скорости роспуска составов на сортировочных горках в нашей стране и за рубежом.

Результаты анализа позволили установить следующие выводы:

1. Применение переменной скорости роспуска составов позволяет в значительной степени повысить среднюю скорость роспуска и перерабатывающую способность сортировочных горок.

2. Вопрос роспуска составов с переменной скоростью приобретает большое практическое значение в условиях автоматического регулирования скорости скатывающихся отцепов (АРС) и телеуправления горочным локомотивом.

3. Для получения наибольшей эффективности от внедрения устройств автоматики (АРС) и телеуправления (ТГЛ), а также для создания условий перехода от автоматизации отдельных станционных процессов к станциям-автоматам, необходимо автоматизировать весь сортировочный процесс на горке, включая и регулирование скорости роспуска составов.

4. Комплексная автоматизация сортировочного процесса на горке позволит исключить субъективные ошибки оператора при регулировании скорости роспуска составов и скорости скатывающихся отцепов на спускной части горки.

**Во второй главе** приводится краткий анализ существующих способов расчета скорости и времени скатывания с горки отцепов, состоящих из нескольких вагонов.

Исследование степени влияния различных факторов на допустимую максимальную скорость роспуска можно выполнить на основании изучения режимов скатывания отцепов.

Средством проверки режима скатывания отцепов является построение кривых скорости и времени. Они дают возможность получить полную характеристику движения отцепа в любых условиях.

В настоящее время известно несколько общих способов расчета значений скорости скатывающихся с горки отцепов. Это способы проф. Фрелиха, проф. Рогинского Н. О., инж. Бакшеева И. В. и инж. Быкадорова А. В.

Результаты сравнительного анализа каждого из способов показали, что они являются весьма трудоемкими и требуют большого объема вычислений (Фрелих, Бакшеев) или сложных графических построений (Рогинский, Быкадоров).

В третьей главе излагается разработанный автором способ расчета кривых скорости и времени скатывания длинных отцепов, требующий по сравнению с названными выше способами менее сложных и трудоемких расчетов.

Для однородных по весу отцепов дифференциальное уравнение движения имеет следующий вид:

$$\frac{dv}{dt} = g' 10^{-3} \left\{ \frac{\int_0^l \left[ l_n(i_n - i_s) + \sum_1^k l_j i_j + (l_{отц} - l_{np}) i_3 \right] dl}{l_{отц}} \mp \left[ \omega_0^{cp \text{ в}} \pm b(v \pm v_{ветра})^2 \right] \right\} \text{ м/сек}^2, \quad (1)$$

где  $g'$  — ускорение силы тяжести с учетом влияния вращающихся масс отцепа;

$l_{отц}$  — длина отцепа;

$\omega_0^{cp \text{ в}}$  — средневзвешенное значение основного удельного сопротивления отцепа;

$v_{ветра}$  — скорость ветра;

$v$  — скорость движения отцепа в данный момент;

$l_n$  — длина головной (передней) части отцепа, находящейся на однородном элементе профиля —  $i_n$ ;

$l_3$  — длина хвостовой части отцепа, находящейся на однородном другом элементе профиля —  $i_3$ ;

$\sum_1^k l_j i_j$  — алгебраическая разность отметок между головной и хвостовой частями отцепа;

$l_{np}$  — длина средней части отцепа (между головной и хвостовой частями);

$l$  — расстояние расчетного передвижения отцепа.

Дифференциальное уравнение движения отцепа (1) записывается для отдельных участков передвижения  $l$ , длина которых определяется условием, чтобы при передвижении передняя и задняя оси отцепа двигались по своим однородным уклонам.

Первое слагаемое в фигурных скобках уравнения (1) представляет собой средний уклон (эквивалентный), по которому движется отцеп на участке  $l$ . После интегрирования первого слагаемого и упрощения его выражения дифференциальное уравнение (1) приводится к виду:

$$\frac{dv}{dt} = g' \cdot 10^{-3} \left\{ \frac{2h_{np} + l(i_n + i_3)}{2 \cdot l_{отц}} \mp \left[ \omega_0^{cp} \pm b(v \pm v_{ветр.д})^2 \right] \right\} \text{ м/сек}^2 \quad (2)$$

Здесь  $h_{np}$  — разность отметок спрямленного приведенного профиля между точками, в которых находились первая ось отцепа до передвижения, и последняя его ось после передвижения.

В целом для горки решение дифференциального уравнения (2) производится по участкам передвижения. Решение выполняется в два этапа.

**I-й этап.** По спрямленному приведенному профилю горки условно передвигаем отцеп и определяем средние (эквивалентные) уклоны на каждом участке передвижения  $l$ .

**II-й этап.** После определения эквивалентного профиля движение отцепа рассматривается как движение материальной точки по данному эквивалентному профилю. Кривые скорости и времени движения отцепа рассчитываются затем одним из известных способов — аналитическим, графоаналитическим или графическим.

Этот способ позволяет также рассчитать эквивалентные уклоны для отцепов, имеющих в своем составе вагоны с разным весом и разным удельным сопротивлением движению.

Эквивалентный уклон для таких неоднородных отцепов определяется по формуле:

$$i_{эп} = \frac{i_3 Q' + i_3 Q'' + \dots + i_{en} Q^n}{Q' + Q'' + \dots + Q^n} \quad (3)$$

где  $i_3, i_3,$   $i_{en}$  — эквивалентные уклоны для однородных частей отцепа;

$Q', Q'', Q^n$  — приведенный вес однородных частей отцепа, определяемый по формуле:

$$Q' = \frac{Q_1 \omega_{o_1} + Q_2 \omega_{o_2} + \dots + Q_k \omega_{o_k}}{\omega_o^{cp \text{ в}}},$$

где  $Q_1, Q_2, \dots, Q_k$  — действительный вес вагонов брутто;  
 $\omega_{o_1}, \omega_{o_2}, \dots, \omega_{o_k}$  — соответственно основное удельное сопротивление вагонов;  
 $\omega_o^{cp \text{ в}}$  — средневзвешенное основное удельное сопротивление отцепа.

Расчет эквивалентного профиля производится от момента отрыва отцепа.

При движении отцепа по тормозным позициям (от момента входа первой оси отцепа до момента выхода последней его оси) отцепы испытывают дополнительное сопротивление движению  $\omega_T^{cp}$ . В работе принимаем, что в зоне действия тормозных позиций основное удельное сопротивление движению увеличивается соответственно на величину среднего тормозного сопротивления  $\omega_T^{cp}$ .

При исследовании режима скатывания с горки различных отцепов такое допущение является удобным, так как в этом случае при изменении степени торможения отцепа рассчитанный эквивалентный профиль сохраняется без изменения.

Расчеты данным способом выполняются вручную, а при значительном их числе для этой цели могут быть использованы электронные цифровые вычислительные машины (ЭЦВМ).

Предлагаемый способ в работе иллюстрируется примером.

**Четвертая глава** посвящена сравнению расчетных значений скорости, полученных предложенным способом с экспериментальными данными и вопросу их надежности и точности.

Экспериментальные данные получены автором в процессе выполнения кафедрой «Станций и узлов» ДИИТа опытов по определению удельных сопротивлений движению 6-ти осных одиночных вагонов и отцепов и тормозных характеристик замедлителей типа 50. Опыты проводились на горках станций Верховцево и Основа.

При помощи телеизмерительной аппаратуры, имеющейся на кафедре «Станций и узлов» ДИИТа\*) для ряда отцепов на ленту осциллографа записаны непрерывные кривые скорости скатывания при разной начальной скорости их на вершине горки и разной степени торможения на тормозных позициях.

Для этих же условий предложенным способом получены расчетные кривые скорости и времени скатывания данных отцепов. В этой главе подробно излагается вопрос организации проведения опытов, их особенность и порядок статистической обработки полученных данных.

\*) Шафит Е. М. — Телеизмерительная аппаратура для исследования процесса маневровой работы. ДИИТ. Научное сообщение № 4(8), 1958.

Сравнение расчетных значений скорости с фактическими выполнено в следующем порядке. На спускной части горки был выделен ряд характерных точек. В этих точках были установлены педали, при помощи которых на ленте осциллографа фиксировался проход ссей отцепов. В качестве характерных точек приняты начало и конец тормозных позиций, начало и конец измерительного участка на пути сортировочного парка.

Для наглядности и удобства обработки на каждую из расчетных кривых  $V=f(S)$  были нанесены мгновенные фактические значения скорости в характерных местах. Затем были определены абсолютные и относительные значения отклонений скорости в этих точках и выполнена численная оценка надежности и точности расчетных значений скорости по сравнению с фактическими.

Средние значения абсолютных и относительных отклонений скорости ( $\Delta\tilde{V}$  и  $\tilde{\epsilon}$ ), полученные в результате статистической обработки первичных данных и доверительные границы среднего относительного отклонения скорости в характерных точках при доверительной вероятности 95% приведены в табл. 1.

Анализ данных таблицы 1 свидетельствует, что значения средних и их доверительные границы в зоне разделительных стрелок с вероятностью 95% находятся в пределах точности  $\pm 6 \div 7\%$ . Такая точность близка к точности самой измерительной аппаратуры.

Таким образом, основное уравнение движения и предлагаемый способ его решения достаточно близко отражают действительный процесс скатывания отцепов с горки.

Расчетная и опытная кривые  $t=f(S)$  после их совмещения почти совпадают, что также говорит о достаточной надежности кривых скорости, полученных расчетным путем.

**В пятой главе** исследуется влияние различных факторов на допустимую скорость роспуска.

Известно, что в процессе роспуска состава скорость его надвига может быть различной. Изучением этого вопроса занимались: проф. Е. А. Гибшман, проф. Н. О. Рогинский, проф. Н. Р. Ющенко, к. т. н. И. И. Страковский, к. т. н. Г. И. Запорожец, к. т. н. Н. Н. Шабалин, инж. А. В. Быкадоров и др. Однако зависимость скорости роспуска от длины отцепов, их удельного сопротивления, стрелки разделения отцепов по путям сортировочного парка и др. исследована еще недостаточно полно. А между тем эти факторы имеют большое значение при телеуправлении и автоматизации регулирования скорости роспуска состава. Учитывая, что не все факторы в равной мере могут оказывать влияние на скорость роспуска, изучение этого вопроса позволит установить наиболее существенные из них. Учет их из-

Таблица 1

Место установки педалей	№№ педалей	В и д о т ц е п а					
		Один 4-й осный			Два 4-х осных		
		$\Delta v$	$\tilde{\epsilon}$	довер. границы	$\Delta v$	$\tilde{\epsilon}$	довер. границы
		м/сек	%	%	м/сек	%	%
I т.п.	3	+0,130	+3,70	+1,62÷+5,78	+0,056	+1,43	0,47÷+3,33
	2	+0,094	+2,10	+0,81÷+3,39	+0,011	+1,15	-0,35÷+2,65
II т.п.	4	+0,020	+0,50	-0,63÷+1,63	+0,002	+0,22	1,11÷+1,55
	5	-0,048	1,10	-2,00÷-0,20	-0,002	-1,18	-2,83÷+0,47
Сорт. парк	6	-0,200	-4,64	-6,93÷-2,35	-0,404	-6,20	-8,74÷-3,66
	7	-0,258	-6,25	-8,76÷-3,75	-0,396	10,20	-13,0 ÷-6,50

Продолжение таблицы 1

Место установки педалей	№№ педалей	В и д о т ц е п а					
		Два 6-ти осных			Три 6-ти осных		
		$\Delta v$	$\tilde{\epsilon}$	довер. границы	$\Delta v$	$\tilde{\epsilon}$	довер. границы
		м/сек	%	%	м/сек	%	%
I т.п.	2	+0,083	+2,90	+1,74÷+4,06	+0,078	+0,62	-0,36÷+1,60
	3	+0,058	+1,43	+0,31÷+2,55	+0,048	+1,50	-0,62÷+3,62
II т.п.	4	-0,076	-1,33	-2,39÷-0,27	-0,105	-2,26	-3,51÷-1,01
	5	-0,111	-2,42	-3,18÷-1,66	-0,167	-3,93	-5,61÷-2,25
Сорт. парк	6	-0,417*	-10,5*	-22,1÷+1,10*	--	--	
	7	-0,448*	-11,3*	-22,4÷-0,20*	--	--	

\* По данным двух опытов.

менения будет служить основанием для перехода от одной скорости роспуска к другой.

С этой целью в диссертационной работе анализируется попарное скатывание разных отцепов до места их разделения и определяется значение допустимой скорости роспуска в зависимости от длины отцепов и их удельного сопротивления движению. Изменение действующих факторов рассматривается в диапазоне:

а) число вагонов в отцепе — от одного 4-х осного до восьми 4 х осных полувагонов;

б) основное удельное сопротивление движению — от  $\omega_0 = 1,0$  кг/т до  $\omega_0 = 5,0$  кг/т;

в) разделение отцепов рассматривается на всех стрелках.

В работе также показано влияние величины начальной скорости первого отцепа на величину начальной скорости второго отцепа влияние дальности скатывания отцепов на скорость роспуска.

Скорость роспуска второго отцепа определяется по формуле:

$$V_2 = \frac{l_1 + l_2 - 2(p_2 - p_1)}{\Sigma t_{1(за)} - \Sigma t_{2(до)}} - V_1, \quad (5)$$

где  $l_1$  и  $l_2$  — длина смежных отцепов;

$(p_1 - p_2)$  расстояние между пунктами отрыва данных отцепов;  
 $\Sigma t_{1(за)}$  — время скатывания (от момента отрыва) первого отцепа до момента освобождения им (последней осью) изолированной секции стрелки разделения;

$\Sigma t_{2(до)}$  — время скатывания второго отцепа до момента занятия им (первой осью) изолированной секции стрелки разделения.

В работе решение уравнения (5) выполнено графически при наиболее неблагоприятном, по условиям разделения, режиме торможения смежных отцепов.

Исследования показали, что:

а) допустимая скорость роспуска состава по мере его надвига, т. е. скорость роспуска отдельных его частей может быть значительно выше скорости, рассчитанной по сочетанию П—Х—П;

б) наибольшее влияние на допустимую скорость роспуска оказывают длина отцепов и место расположения стрелки разделения по пути скатывания отцепов;

в) изменение основного удельного сопротивления отцепов, при регулировании скорости роспуска, может не учитываться, так как влияние его небольшое;

г) при возрастании начальной скорости впереди идущего отцепа увеличивается расчетная допустимая скорость роспуска второго отцепа;

д) при разделении отцепов на верхних стрелках (первой, второй, третьей) увеличение дальности скатывания практически не оказывает влияния на регулирование скорости роспуска.

В диссертационной работе приводятся таблицы и графики, поясняющие и подтверждающие эти выводы. Для типовой горки, имеющей 32 пути в сортировочном парке, составлены таблицы допустимой скорости роспуска и произведен расчет роспуска состава с переменной скоростью. Расчеты показали, что роспуск с переменной скоростью позволяет получить среднюю скорость роспуска состава равную 2 м/сек.

**Шестая глава** посвящена теории некоторых вопросов автоматизации регулирования скорости роспуска составов. В этой главе излагается предлагаемая автором математическая формализация процесса оптимального роспуска состава с переменной скоростью, численный метод решения данной задачи и указываются возможные пути машинного решения.

Каждый из отцепов определенного состава можно характеризовать значением максимально допустимой скорости роспуска  $V_{1 \max}$ ,  $V_{2 \max}$ ,  $V_3 \max$ , ...,  $V_n \max$ .

Начальная скорость отцепов на вершине горки в любых случаях не должна быть выше этих значений.

В общем виде это условие выражается следующей группой неравенств:

$$V_1 \leq V_{1 \max}$$

$$V_2 \leq V_{2 \max}$$

$$V_i \leq V_{i \max}$$

$$V_n \leq V_{n \max}$$

Здесь  $V_i$  --- начальная скорость  $i$ -отцепа в момент начала свободного скатывания (отрыва);

$V_{i \max}$  --- максимально-допустимое значение начальной скорости  $i$ -отцепа в момент начала свободного скатывания.

$$i = 1, 2, \dots, n.$$

При регулировании скорости роспуска составов в отдельных случаях тяговые или тормозные усилия локомотива могут оказаться недостаточными, чтобы на определенном отрезке пути в необходимых пределах изменить скорость. В общем виде эти ограничения также могут быть выражены группами неравенств.

а) Если величина начальной скорости ограничивается мощностью локомотива;

$$V_2 - V_1 \leq b_1$$

$$V_3 - V_2 \leq b_2$$

$$V_{i+1} - V_i \leq b_i$$

$$V_n - V_{n-1} \leq b_{n-1}$$

б) Если величина начальной скорости ограничивается мощностью тормозной системы:

$$V_1 - V_2 \leq c_1$$

$$V_2 - V_3 \leq c_2$$

$$V_i - V_{i+1} \leq c_i$$

$$V_{n-1} - V_n \geq c_{n-1}$$

Здесь  $b_i$  и  $c_i$  — коэффициенты, характеризующие соответственно увеличение или уменьшение скорости каждого отцепа.

Заметим также, что каждое значение начальной скорости не может быть отрицательным, т. е.  $V_i \geq 0$ .

Характерной чертой поставленной задачи является большое число возможных решений, удовлетворяющих основным условиям. Выбор частного оптимального решения зависит от целевых установок поставленной задачи. Целью нашей задачи является определение таких значений начальной скорости каждого отцепа, которые в условиях наложенных ограничений обеспечивают наибольшее значение средней скорости роспуска состава  $V_{\text{ср}}$ .

Среднее значение скорости роспуска с достаточной для практических целей точностью определяется уравнением:

$$V_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} a_i \cdot V_i}{2 \cdot l_{\text{сост}}}, \quad (6)$$

где  $a_i$  — коэффициенты, зависящие от положений отцепов в момент отрыва;

$l_{\text{сост}}$  — расчетная длина состава (расстояние, проходимое составом от момента отрыва первого отцепа до момента отрыва последнего);

$V_i$  — начальная скорость отцепов в момент отрыва.

Для каждого конкретного состава среднее значение скорости роспуска будет максимальным, если сумма произведений  $\sum_{i=1}^{i=n} a_i V_i$

будет максимальна.

При такой постановке рассмотренная задача укладывается в общий класс задач математического (линейного) программирования и может быть в общем виде сформулирована следующим образом:

Найти максимум линейной формы:

$$L = a_1 V_1 + a_2 V_2 + \dots + a_i V_i + \dots + a_n V_n$$

при следующих ограничивающих условиях:

$$\begin{array}{rcl} V_1 & + & W_1 = V_{1 \max} \\ & V_2 & + W_2 = V_{2 \max} \\ & & V_3 & + W_3 = V_{3 \max} \\ & & & V_i & + W_i = V_{i \max} \\ & & & & V_n & + W_n = V_{n \max} \\ -V_1 + V_2 & & & & + W_{n+1} & = b_1 \\ & -V_2 + V_3 & & & + W_{n+2} & = b_2 \\ & & -V_3 + V_4 & & + W_{n+3} & = b_3 \\ & & & -V_i + V_{i+1} & + W_{n+i} & = b_i \\ & & & & -V_{n-1} + V_n & + W_{2n-1} = b_{n-1} \\ V_1 - V_2 & & & & + W_{2n} & = c_1 \\ & V_2 - V_3 & & & + W_{2n+1} & = c_2 \\ & & V_3 - V_4 & & + W_{2n+2} & = c_3 \\ & & & V_i - V_{i+1} & + W_{2n+(i-1)} & = c_i \\ & & & & V_{n-1} - V_n & + W_{3n-2} = c_{n-1} \end{array}$$

где  $W_i$  — дополнительные переменные

$$i = 1, 2, 3, \dots, (3n-2). \quad V_i \text{ и } W_i \geq 0.$$

Расчет оптимального режима роспуска в работе иллюстрируется примером.

Решение задач линейного программирования возможно на цифровых вычислительных машинах, а также при помощи моделирующих вычислительных устройств с использованием диодных электрических цепей.

Обычно переменный режим скорости роспуска представляет собой волнообразную кривую.

Такой характер кривой скорости позволяет рассматриваемую задачу представить как ряд более элементарных задач и этим упростить ее решение в целом для состава.

В седьмой главе рассматривается вопрос экономической эффективности роспуска составов с переменной скоростью и автоматизации этого процесса.

Общая ожидаемая годовая экономия от ускорения процесса расформирования составов может быть выражена следующей формулой:\*)

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{общ}} = & 365 [c_{\text{л.ч}}(t_1^{\text{п}} - t_2^{\text{п}}) M_{\text{росп}} + c_{\text{в.ч}}(t_1 - t_2) N_2] + \\ & + E_{\text{н}} \left( \frac{N_2}{N_1} - 1 \right) \text{ руб.}, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $c_{\text{л.ч}}$  — расходная ставка на 1 локомотиво-час маневровой работы;  $(t_1^{\text{п}} - t_2^{\text{п}})$  — экономия затраты локомотиво-часов на роспуск одного состава;

$M_{\text{росп}}$  — количество составов, распускаемых с горки за сутки;

$c_{\text{в.ч}}$  — эксплуатационные расходы на 1 вагоно-час;

$(t_1 - t_2)$  — экономия вагоночасов в результате применения переменной скорости роспуска;

$N_2$  — количество вагонов перерабатываемых в течение суток;

$E_{\text{н}}$  — сумма расходов, не зависящих от объема работы сортировочной горки;

$N_1$  и  $N_2$  — соответственно суточный объем работы горки при роспуске составов с постоянной и переменной скоростью.

В работе приводится расчет экономической эффективности, выполненный на примере автоматизированной горки с сортировочным парком на 32 пути при разных значениях средней скорости роспуска. Результаты этих расчетов показаны в табл. 2.

\*) Информационное письмо ЦНИИ МПС, № 459, 1958.

Таблица 2.

Средняя скорость рос- пуска V в м/сек	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
	расчетная						
Общая годовая эконо- мия Э <sub>общ</sub> от ускоре- ния процесса расформи- рования составов в тыс. руб.	—	40,7	57,3	71,0	83,5	95,2	105,0

В работе также приводится расчет срока окупаемости дополни-  
тельных капиталовложений на автоматизацию регулирования скоро-  
сти роспуска. Учитывая, что стоимость необходимой дополнитель-  
ной аппаратуры и расходы, связанные с автоматизацией регулиро-  
вания скорости роспуска, ввиду отсутствия разработанной кон-  
струкции, определить в настоящее время не представляется воз-  
можным, срок окупаемости в работе рассчитывается для трех ори-  
ентировочных значений стоимости этих устройств (см. табл. 3).

Таблица 3.

Дополнитель- ные капиталов- ложения на автоматизацию регулирования скорости над- вига	Срок окупаемости в годах при средней скорости роспуска в м/сек					
	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
40 тыс. руб.	1,09	0,75	0,60	0,50	0,44	0,40
60 тыс. руб.	1,73	1,17	0,92	0,77	0,67	0,61
100 тыс. руб.	3,26	2,11	1,64	1,30	1,17	1,05

Анализ выполненных расчетов показывает, что срок окупаемости  
дополнительных капиталовложений не превышает 3-х лет.

Наряду с этим повышение перерабатывающей способности сор-  
тировочной горки в результате применения переменной скорости  
позволяет передать на нее основную часть работы по формированию  
поездов, значительно уменьшить капиталовложения на устройство  
III-й тормозной позиции и отдалить или снять совсем вопрос о не-  
обходимости сооружения второй сортировочной системы.

## Выводы и предложения

### I

1. Автором работы предлагается способ расчета кривых скорости скатывания отцепов с горки, который по сравнению с известными требует менее трудоемких расчетов и позволяет при необходимости выполнять их на электронных цифровых вычислительных машинах.

2. Предлагаемый способ достаточно близко отражает действительный процесс скатывания отцепов с горки. Отклонения расчетных значений скорости в зоне разделительных стрелок с вероятностью 95% находятся в пределах  $\pm 6 \div 7\%$ .

### II

1. Допустимая скорость роспуска состава по мере его надвига, т. е. допустимая скорость роспуска отдельных его частей, оказывается значительно выше скорости, рассчитанной для отцепов из одиночных вагонов по чередованию П—Х—П и как показали исследования максимальная допустимая скорость роспуска может составлять до 3 м/сек и более.

2. Из всех проанализированных факторов наиболее существенное влияние на допустимую скорость роспуска оказывают длина отцепов и место расположения разделительной стрелки по пути скатывания отцепов. Это обстоятельство дает основание рекомендовать их в качестве исходной информации при автоматизации регулирования скорости роспуска и телеуправлении горочным локомотивом.

3. Максимальные значения начальной скорости каждого отцепа, для практически возможных сочетаний, могут быть определены заранее и использоваться в работе оператора при телеуправлении горочными локомотивами, а при автоматическом регулировании скорости надвига составов эти значения могут быть заложены в «память» счетно-решающих устройств.

4. Математическая формализация процесса роспуска состава с переменной скоростью, предложенная автором, позволяет:

а) определить такие оптимальные значения начальной скорости отцепов на вершине горки в момент их отрыва, которые позволяют получить максимальную среднюю скорость роспуска состава при выполнении всех ограничений;

б) перевести данную прикладную задачу на язык вычислительных машин;

в) выполнять предложенным методом исследование других вопросов, связанных с переменной скоростью роспуска составов.

5. Применение переменной скорости роспуска и автоматизация этого процесса дают возможность повысить перерабатывающую

способность сортировочной горки и сортировочной станции в целом, поднять производительность труда и улучшить использование основных средств горки.

Как показали исследования, дополнительные капиталовложения на автоматизацию регулирования скорости роспуска могут окупаться в течение не более 3-х лет.

Полученные в результате исследований теоретические и практические выводы и рекомендации могут быть использованы при разработке и дальнейшем совершенствовании устройств автоматики на сортировочных горках.

**Основное содержание диссертации опубликовано в следующих статьях:**

1. Муха Ю. А. Построение кривых скорости скатывания длинных отцепов с сортировочной горки и сравнение этих кривых с опытными. В сборнике «Вопросы механизации и автоматизации сортировочных горок». Труды ДИИТа, вып. 41, 1962.

2. Муха Ю. А. К вопросу об алгоритме оптимального переменного режима скорости роспуска состава с горки. В сборнике «Вопросы механизации и автоматизации сортировочных горок». Труды ДИИТа, вып. 41, 1962.