

МПС — СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Инженер ГАГИН Л. Ф.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗМЕНЕНИЮ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ТЕПЛОВОЗА ТЭЗ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
В УСЛОВИЯХ КАРЬЕРНЫХ РАЗРАБОТОК

Специальность 05.433—Подвижной состав и тяга поездов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

ДНЕПРОПЕТРОВСК
1971

НТБ
ДНУЖТ

На правах рукописи

Инженер ГАГИН Л. Ф.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗМЕНЕНИЮ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ТЕПЛОВОЗА ТЭЗ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
В УСЛОВИЯХ КАРЬЕРНЫХ РАЗРАБОТОК

Специальность 05.433—Подвижной состав и тяга поездов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

ДНЕПРОПЕТРОВСК
1971

НТБ
ДНУЖТ

Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации инженера Л. Ф. Гагина.

Просим Вас и всех заинтересованных лиц Вашего учреждения принять участие в публичной защите диссертации или прислать свой отзыв в письменном виде в двух экземплярах, заверенный печатью Вашего учреждения, по адресу:

г. Днепропетровск, 10, ул. Университетская 2, ДИИТ

Научный руководитель —

доктор технических наук, профессор В. Н. ТВЕРИТИН

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Ю. И. МИХАЙЛОВ

доктор технических наук,
профессор Т. Ф. КУЗНЕЦОВ

Ведущее предприятие— Северный горнообогатительный комбинат,
г. Кривой Рог

Автореферат разослан « 18 » ~~февраля~~ 1971 г.

Защита диссертации состоится « 25 » марта 1971 г.
на заседании Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.
Ученый секретарь Совета факультетов Н. Г. ВИСИН

НТБ
ДНУЖТ

Непрерывный рост добычи полезных ископаемых прогрессивным открытым способом, увеличение глубины разработок и расстояний откатки горной массы требуют постоянного совершенствования горнотранспортного оборудования, повышения эффективности транспортных перевозок.

В настоящее время около 50% добываемой горной массы перевозится железнодорожным транспортом. Крупнейшие горнообогатительные комбинаты страны обеспечивают вывозку горных пород железнодорожным транспортом по 30—60 млн. тонн в год.

Несмотря на значительное сокращение транспортных затрат при внедрении в карьерах электрической и тепловозной тяги, себестоимость перевозки горной массы остается достаточно высокой и составляет 10—15 коп. за 1 тонну.

Одной из причин пока еще больших затрат по транспортировке полезных ископаемых является применение магистральных локомотивов, которые недостаточно приспособлены к условиям работы в рудных карьерах. На тяжелых участках путей горнорудных предприятий применяются мощные магистральные тепловозы серии ТЭЗ. Специфические условия эксплуатации локомотивов на открытых горных разработках, а именно: ограничение скоростей движения от 3-х до 25-и км/час, большие подъемы путей, достигающие 40 и более‰, наличие кривых малого радиуса---приводят к значительному ухудшению технико-экономических показателей магистральных тепловозов.

Настоящая диссертационная работа посвящена изысканию путей улучшения технических характеристик и экономических показателей тепловозов ТЭЗ при эксплуатации их на открытых горных разработках.

Экспериментальная часть данной работы и промышленные испытания осуществлены на Новокриворожском горнообогатительном комбинате в период 1965—1970 гг.

Аналитические, графоаналитические и технико-экономические расчеты выполнялись с помощью ЭЦВМ «Промінь».

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, выводов и рекомендаций.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ приведен анализ силовых электрических схем тепловозов, а также рассмотрены характеристики магистрального тепловоза серии ТЭЗ в соответствии с условиями его применения на горнорудном транспорте. Рассмотрение работы тепловозов ТЭЗ по транспортировке горной массы из карьеров Новокриворожского (НКГОК), Центрального (ЦГОК), Северного (СевГОК) горнообогатительных комбинатов Кривбасса показывает, что токи нагрузки главного генератора значительно превышают величину длительного тока (2460 а) и достигают 3200—3600 а, т. е. генератор длительное время работает в режиме пусковых и превышающих величину пусковых токов.

Перегрузки главных генераторов вызывают снижение их к. п. д. с 0,96 до 0,92—0,93 и приводят к их повреждениям. На НКГОК'е за 3,5 года эксплуатации большегрузных вертушек вышло из строя 11 главных генераторов.

Из-за снижения к. п. д. и особенно ограничения по току генератора резко уменьшается касательная мощность и сила тяги, а также увеличивается расход топлива на единицу мощности тепловоза при движении с малыми скоростями, характерными для карьерного транспорта.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ рассмотрены возможные методы и расчеты рационального изменения существующей схемы электрической передачи тепловоза ТЭЗ применительно к условиям его работы на путях карьерных разработок.

В области электрической тяги весьма перспективными являются исследования и промышленные испытания, проведенные в нашей стране, в ГДР и ЧССР по использованию дополнительных тяговых электродвигателей, размещаемых на осях думпкаров и включенных в силовую электрическую цепь электровоза.

Расчеты, а также проведенные впервые на НКГОК'е в 1965 году совместно с Г. Д. Забелиным экспериментальные проверки показали, что характеристики тепловоза ТЭЗ могут быть существенно улучшены при подключении к главному генератору дополнительных тяговых двигателей моторных думпкаров.

Сила тяги тепловозо-моторного агрегата ($F_{к\text{ нов.}}$) определяется из выражения

$$F_{к\text{ нов.}} = \frac{m_{тд} + m_{тд\text{ доп.}}}{m_{тд}} F_{к} \quad (1)$$

где $m_{тд}$, $m_{тд\text{ доп.}}$ — количество тяговых двигателей соответственно тепловоза и думпкаров;

$F_{к}$ — сила тяги тепловоза.

При тех же мощности и токе главного генератора сила тяги секции тепловоза ТЭЗ с шестью дополнительными двигателями увеличится в два раза при соответствующем снижении скорости на руководящем подъеме. В таком случае кривые к п. д. электрической передачи и касательной мощности рационально смещаются в зону уменьшенных скоростей, характерных для карьерного транспорта.

Являясь весьма перспективным, данный способ требует создания специального подвижного состава.

Возможен другой вариант изменения схемы электрической передачи, не требующий создания специального подвижного состава, но позволяющий перевести работу тепловоза в более выгодные режимы.

Ток нагрузки главного генератора тепловоза зависит от схемы соединения тяговых электродвигателей. Разработанная нами и представленная на рис. 1 измененная схема электрической передачи тепловоза ТЭЗ, позволяет изменить параметры и характеристики тепловоза в необходимом для горно-рудного транспорта направлении.

Независимо от схемы соединения тяговых электродвигателей для одних и тех же моментов сопротивления токи двигателей типовой и измененной силовых схем останутся неизменными, тогда как ток нагрузки главного генератора для измененной схемы уменьшится на $1/3$ в соответствии с формулой

$$I = I_{г\text{ тип}} \frac{m_{пар}^{изм}}{m_{пар}^{тип}} = \frac{2}{3} I_{г\text{ тип}}, \quad (2)$$

$m_{пар}^{тип}$, $m_{пар}^{изм}$

— число параллельных цепей нагрузки главного генератора (здесь и в дальнейшем индексы «тип» и «изм» ставятся соответственно для типовой и измененной схем электрической передачи тепловоза ТЭЗ)

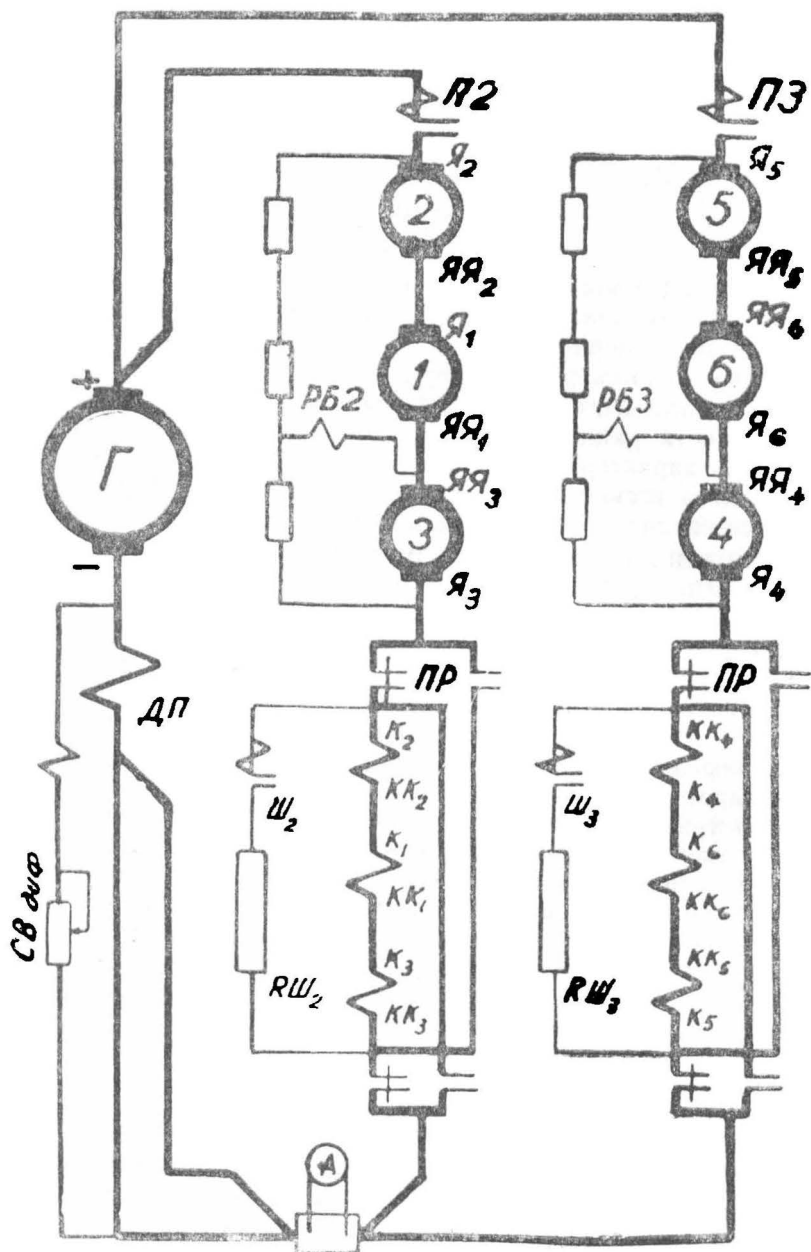


Рис. 1. Измененная схема электрической передачи тепловоза ТЭЗ.

Поскольку мощность главного генератора тепловоза с помощью возбуждателя поддерживается постоянной, а ток нагрузки генератора при измененной схеме уменьшается, то напряжение генератора увеличивается в соответствии с его внешней характеристикой и может быть определено в соответствии с выражением

$$U_{г}^{изм} = \frac{P_{г}^{тип}}{I_{г}^{тип}} \frac{m_{пар}^{тип}}{m_{пар}^{изм}} = \frac{3}{2} U_{г}^{тип} \quad (3)$$

где $P_{г}^{тип}$ — мощность главного генератора тепловоза.

Напряжение, приходящееся на каждый тяговый двигатель измененной схемы, будет таким же, как и у серийного тепловоза.

Изменение схемы электрической передачи увеличивает к. п. д. главного генератора ($\eta_{г}^{изм}$, табл. 1) и к. п. д. электрической передачи тепловоза (рис. 2) в зоне «А» характерных для карьерных условий нагрузок и скоростей. При токах тяговых двигателей 900—1200 а к. п. д. электрической передачи увеличивается на 2,5—3,1%.

Таблица 1.

№ п-п	$I_{гд}$	Типовая схема		Измененная схема		°/о повышения изм $\eta_{г}$
		$I_{г а}^{тип}$	$\eta_{г}^{тип}$	$I_{г а}^{изм}$	$\eta_{г}^{изм}$	
1.	500	1500	0,964	1000	0,930	—3,5
2.	600	1800	0,963	1200	0,950	—1,2
3.	700	2100	0,955	1400	0,963	+0,9
4.	800	2400	0,948	1600	0,964	+1,6
5.	900	2700	0,941	1800	0,963	+2,5
6.	1000	3000	0,933	2000	0,958	+2,7
7.	1100	3300	0,925	2200	0,953	+3,0
8.	1200	3600	0,920	2400	0,948	+3,1
9.	1300	3900	0,913	2600	0,943	+3,2

Пусковой ток главного генератора серийного тепловоза ТЭЗ ограничивает силу тяги величиной 29100 кГ вплоть до скорости 13,5 км/час. Повышение к. п. д. электрической передачи и особенно снятие ограничения по пусковому току генератора позволяют резко поднять касательную мощность и

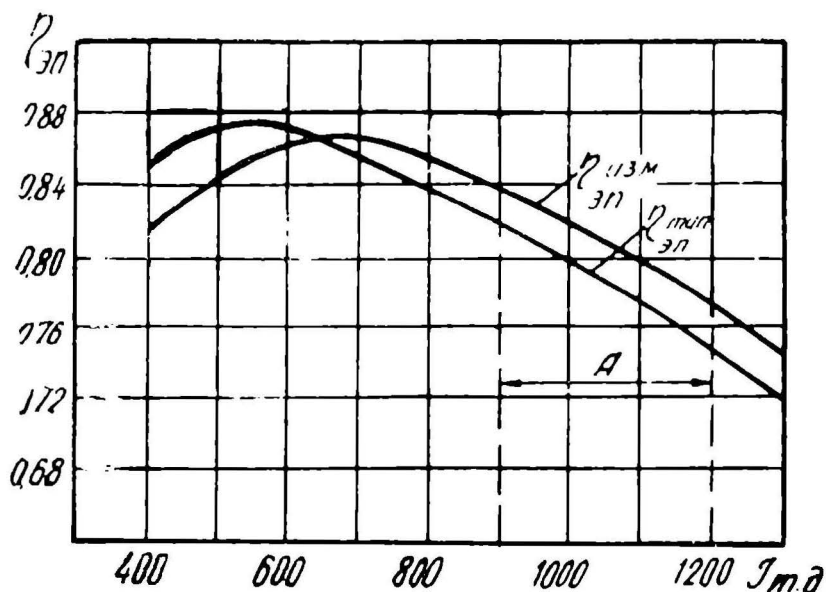


Рис. 2. Зависимости к. п. д. электрической передачи тепловоза ТЭЗ с измененной схемой ($\eta_{\text{эл}}^{\text{изм}}$) и к. п. д. электрической передачи серийного тепловоза ТЭЗ ($\eta_{\text{эл}}^{\text{тип}}$) от тока якоря тягового электродвигателя при движении на 16-ом положении контроллера и серийно-параллельном соединении тяговых электродвигателей: А — зона токов тяговых электродвигателей для типовой и измененной схем тепловоза ТЭЗ при эксплуатации его в рудных карьерах.

соответственно силу тяги переоборудованного тепловоза при движении с малыми скоростями (рис. 3). При скорости 11 км/час и токе тяговых двигателей, равном 1200 а, сила тяги тепловоза с измененной схемой увеличивается с 29100 кГ до 35330 кГ, или на 21,4%.

При скорости выше 13,5 км/час, когда ток главного генератора серийного тепловоза ТЭЗ становится ниже предела ограничения по пусковому току, превышение силы тяги переоборудованного тепловоза становится менее значительным и

будет пропорционально отношению $\frac{\eta_{\text{г}}^{\text{изм}}}{\eta_{\text{г}}^{\text{тип}}}$ при этом сила

тяги определится из выражения

$$F_{\text{к}}^{\text{изм}} = F_{\text{к}}^{\text{тип}} \frac{\eta_{\text{г}}^{\text{изм}}}{\eta_{\text{г}}^{\text{тип}}} \quad (4)$$

Так, при скорости 17,6 км/час ($I_{\text{тл}} = 900$ а) сила тяги тепловоза с измененной схемой выше, чем серийного тепловоза

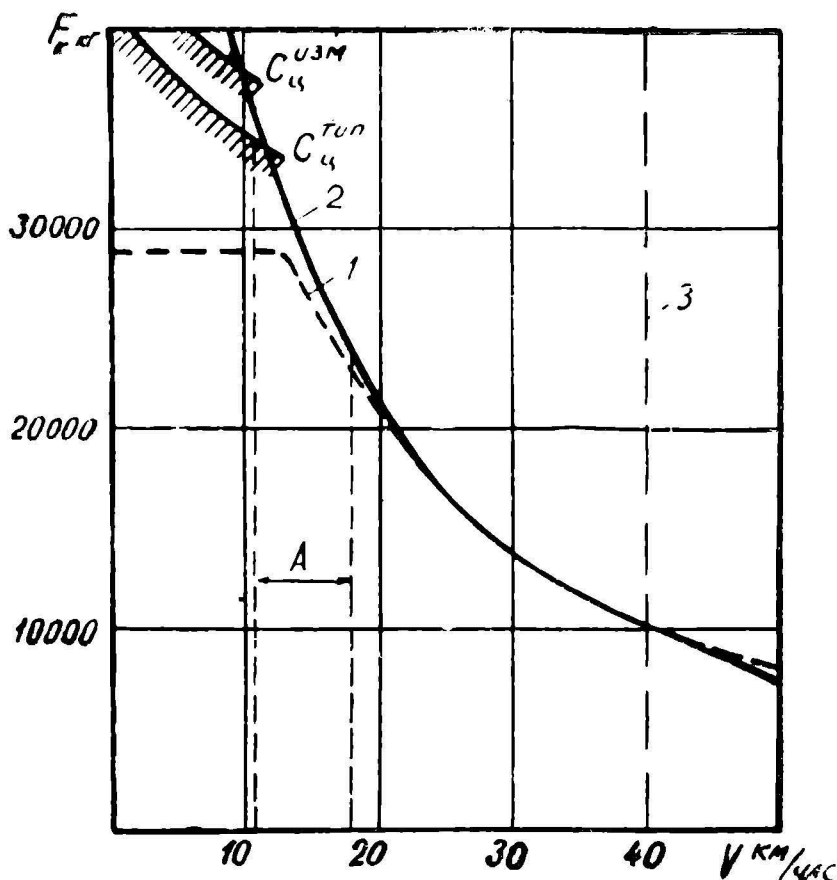


Рис. 3. Зависимость силы тяги от скорости движения тепловозов ТЭЗ с типовой (1) и измененной (2) схемами при 16-ом положении контроллера: 3 — предельно допустимая скорость движения локомотиво-составов в условиях рудных карьеров; А — зона характерных скоростей движения тепловозов в условиях рудных карьеров.

на 600 кГ, или на 2,5%. Далее с увеличением скорости эта разница уменьшается и при скорости 20,7 км/час наступает равенство касательных мощностей и сил тяги обоих тепловозов, т. к. напряжение главного генератора переоборудованного тепловоза приближается к верхнему пределу и начинает ограничивать мощность генератора и силу тяги тепловоза. В целях сохранения постоянства мощности тепловоза с измененной схемой в этом случае должен предусматриваться переход на ослабленное магнитное поле тяговых электродвигателей, как и у серийного тепловоза.

Эксперименты, проведенные на пересоборудованных тепловозах с серийными ослаблениями поля двигателей, равными 53% и 35%, в карьерных условиях эксплуатации показали, что первая ступень ослабления оказывается включенной всего в течение 2—4% от общего времени оборота локомотиво-состава. Вторая ступень вообще не применяется, поэтому сделан вывод о том, что ее возможно упразднить. Однако на перспективу, при росте скоростей до 40 км/час, ослабление поля, равное 53%, оказывается недостаточным, т. к. при скорости выше 29,5 км/час наступает ограничение силы тяги по напряжению генератора. Следовательно, одна ступень ослабления поля тяговых двигателей должна быть более глубокой.

Уменьшение бросков тока по главному генератору переоборудованного тепловоза в момент включения шунтирующих сопротивлений позволяет увеличить глубину ослабления поля. На основании расчетов и анализа зависимостей касательной мощности, силы тяги и к. п. д. электрической передачи от скорости тепловоза, а также на основании экспериментальных исследований оптимальным признано ослабление, равное 40%.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ представлено аналитическое исследование зависимости к. п. д. тяговых электродвигателей и зубчатой передачи ($\eta_{мз}$) от степени ослабления поля двигателей (α) и скорости движения тепловоза (V) с использованием ЭЦВМ. Эти исследования необходимы для построения характеристик модернизированного тепловоза ТЭЗ с одной углубленной ступенью ослабления поля, равной 40%.

Известны три зависимости $\eta_{мз}=f(V)$ при $\alpha = 100, 53$ и 35%. Необходимая для расчетов промежуточная зависимость при $\alpha = 48\%$, для которой известны значения к. п. д. тяговых двигателей, была найдена с помощью методик докторов технических наук А. И. Петрусевича и Н. А. Спицына.

Анализируя паспортные и расчетные кривые $\eta_{мз}$ при оптимальных режимах работы тепловоза ТЭЗ возможно сделать заключение, что зависимости к. п. д. тяговых двигателей и зубчатой передачи от скорости движения тепловоза могут быть выражены формулой

$$\eta_{мз} - c \cdot \frac{a}{V + b} - dV = 0, \quad (5)$$

где a, b, c, d — расчетные коэффициенты, зависящие от степени ослабления поля двигателей.

Для определения расчетных коэффициентов зависимости (5) были решены системы уравнений $\eta_{мз}=f(V)$ для степеней, равных 100, 53, 48 и 35%. Решение систем уравнений

производилось на машине «Промінь». В результате для указанных степеней ослабления поля двигателей были получены численные значения расчетных коэффициентов, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные коэффици- енты	Степени ослабления поля			
	35 проц.	48 проц.	53 проц.	100 проц.
a	1,842	2,13	2,126	8,2
b	-7,14	-6,94	-7,4	+4,27
c	0,997	1,0	1,163	1,51
d	0,00162	0,00127	0,00522	0,013

Как видно, найденные расчетные коэффициенты для рассматриваемых степеней ослабления поля с увеличением глубины ослабления уменьшаются. При графическом представлении изменения коэффициентов a, b, c, d в зависимости от степени ослабления поля тяговых двигателей возможно оценить эти зависимости как линейные. То-есть такие зависимости можно представить уравнениями

$$a = A_1 \alpha + A_2 \quad (6)$$

$$b = B_1 \alpha + B_2 \quad (7)$$

$$c = C_1 \alpha + C_2 \quad (8)$$

$$d = D_1 \alpha + D_2 \quad (9)$$

Определение расчетных коэффициентов уравнений (6—9) производилось при помощи методов теории вероятностей и корреляций. Для уравнения (6) по условию способа наименьших квадратов

$$f = \sum_{i=1}^n [a_i - A_1 \alpha_i - A_2]^2 = \min, \quad (10)$$

составлялась система уравнений

$$\begin{cases} \frac{df}{dA_1} = -2 \sum_{i=1}^n [a_i - A_1 \alpha_i - A_2] \alpha_i = 0, \\ \frac{df}{dA_2} = -2 \sum_{i=1}^n [a_i - A_1 \alpha_i - A_2] = 0. \end{cases} \quad (11)$$

Решение системы уравнений (11) позволило определить неизвестные значения параметров A_1 и A_2 , которые обеспечивают минимальные отклонения расчетных значений η_{M2} от фактических.

Расчеты параметров уравнений производились по определенным алгоритмам.

После выполнения расчетов зависимости коэффициентов a , b , c , d от степени ослабления поля тяговых электродвигателей выразились формулами, приведенными в табл. 3.

Таблица 3

Выражения расчетных коэффициентов	Значения коэффициентов корреляции
$a = A_1\alpha + A_2 = 0,106\alpha - 2,67$	0,99
$b = B_1\alpha + B_2 = 0,1935\alpha - 15,72$	0,96
$c = C_1\alpha + C_2 = 0,0085\alpha + 0,671$	0,96
$d = D_1\alpha + D_2 = 0,000184\alpha - 0,00569$	0,99

По выражениям коэффициентов a , b , c , d построены эмпирические линии регрессии $\bar{a} = f(\alpha)$; $\bar{b} = f(\alpha)$; $\bar{c} = f(\alpha)$; $\bar{d} = f(\alpha)$, которые имеют вид линейных функций.

Теснота связи между переменными величинами, входящими в уравнения (табл. 3), устанавливалась по коэффициентам корреляции.

Значения коэффициентов корреляции, представленные в табл. 3, показывают, что полученные зависимости весьма устойчивы, коэффициенты корреляции для них равны 0,96—0,99.

В результате проведенных исследований установлена зависимость к п. д. тяговых электродвигателей и зубчатой передачи от степени ослабления поля двигателей и скорости движения тепловоза. В общем виде эта зависимость выражается формулой

$$\eta_{M2} = 0,0085\alpha - 0,671 - \frac{0,106\alpha - 2,67}{V - 0,1935\alpha - 15,72} - (0,000184\alpha - 0,00569)V, \quad (12)$$

для $\alpha = 40\%$ она принимает вид

$$\eta_{M2} = 1,011 - \frac{1,57}{V - 7,98} - 0,00167V. \quad (13)$$

Результаты аналитических исследований были использованы для определения к. п. д. тяговых двигателей, к. п. д. электропередачи, касательной мощности и силы тяги тепловоза с измененной схемой при наиболее выгодной для нее степени ослабления поля, равной 40 %.

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ представлены измененные характеристики модернизированного тепловоза ТЭЗ при ослаблении поля двигателей, равном 40 %. Для этой степени ослабления: приведены таблицы и соответствующие кривые к. п. д. тяговых двигателей и электрической передачи, касательной мощности и силы тяги тепловоза в зависимости от скорости. На рис. 3 показана тяговая характеристика модернизированного тепловоза при $\alpha = 40\%$ (диапазон скоростей выше 22 км/час).

В данной главе также рассмотрены изменения элементов электрических цепей, условия настройки внешней характеристики главного генератора, а также представлены новые характеристики реле перехода. Для устойчивой работы реле перехода и предотвращения звонковой работы диапазон включения и отключения реле расширяется, однако прямолинейный характер зависимости тока шунтовой катушки реле от тока серийной катушки сохраняется. В результате исследования установлено, что шунтирование обмоток возбуждения тяговых двигателей переоборудованного тепловоза должно наступать при скорости около 23 км/час и токе главного генератора 1500—1550 а.

С целью установления степени и интенсивности нагрева главного генератора серийного и переоборудованного тепловозов были произведены тяговые расчеты для реального профиля-участка Западная перегрузка—ст. Карьерная НКГОК'а протяженностью 5,1 км для расчетных скоростей 20,5; 19 и 13,5 км/час. Для допустимой в соответствии с «Правилами производства тяговых расчетов» (ППТР) расчетной скорости 19 км/час вес состава серийного тепловоза является равным 455 т (хотя фактически веса составов на внутрикарьерном транспорте превышают эту норму). Расчетный вес состава модернизированного тепловоза при скорости 13,5 км/час без отступления от ППТР оказывается равным 685 т, т. е. на 50% превышает расчетный вес состава серийного тепловоза.

Как уже говорилось, ограничивающим нагрузку и силу тяги серийного тепловоза ТЭЗ является главный генератор. Произведенные тепловые расчеты и анализы показали, что тяговые двигатели имеют значительный запас по мощности в сравнении с главным генератором. При токе 1000а электродвигатели могут работать дольше на 48%, при токе 1100а—дольше на

52%. Уменьшение тока генератора переоборудованного тепловоза позволяет использовать этот резерв.

При модернизации тепловоза в связи с упрощением электрической схемы может быть демонтирована часть электрооборудования на сумму 265,72 руб. с каждой секции тепловоза.

Повышение силы тяги переоборудованного тепловоза вынуждает искать более кардинальные пути предотвращения боксования колес в рудных карьерах, где условия сцепления колес с рельсами значительно хуже, чем на магистральных железных дорогах. Поэтому в ПЯТОЙ ГЛАВЕ дается обоснование необходимости и выявление возможности повышения сцепного веса тепловоза с измененной схемой.

Произведенные расчеты показали, что сцепной вес секции тепловоза ТЭЗ может быть увеличен на 9 т. Это позволяет поднять силу тяги локомотива по сцеплению на 7,14%. Проведенные на НКГОК'е длительные эксплуатационные испытания тепловозов с повышенным сцепным весом показали значительную эффективность данной меры.

Однако более эффективным является электромагнитный способ увеличения сцепной силы тяги, который дал положительные результаты на электровозе ВЛ23. Краткая проработка этого способа для модернизированного тепловоза ТЭЗ представлена в диссертационной работе.

Кроме того, в работе рассмотрены мероприятия по повышению чувствительности узла обнаружения и предотвращения боксования. Мероприятия проверены экспериментально в условиях карьера НКГОК'а и показали положительные результаты.

ШЕСТАЯ ГЛАВА посвящена результатам промышленных испытаний переоборудованных тепловозов и расчетам экономической эффективности от модернизации схемы электрической передачи тепловоза ТЭЗ применительно к карьерным условиям эксплуатации.

Для возможности сопоставления результатов работы серийных и переоборудованных тепловозов с помощью самопишущих приборов типа Н-370 были записаны диаграммы тока и напряжения главного генератора тепловоза ТЭЗ-3953А до и после изменения схемы (рис. 4) при движении с груженым составом весом 750т на участке пост 4—ст. Карьерная НКГОК'а. Кроме того, для ряда модернизированных и серийных тепловозов был введен учет работы их в специальных журналах, куда вносились следующие данные: ток, напряжение и мощность главного генератора, положение рукоятки контроллера, темпе-

ратура воды и масла дизеля, время хода груженого локомотиво-состава между раздельными пунктами, вес поезда, количество и грузоподъемность думпкаров, расход дизельного топлива за один оборот локомотиво-состава.

Из приведенных на рис. 4 диаграмм видно, что максимальный ток снизился с 3400 до 2300а, или на 1/3, уменьшилось время движения локомотиво-состава на подъеме, что согласуется с теоретическими расчетами и записями в специальных журналах.

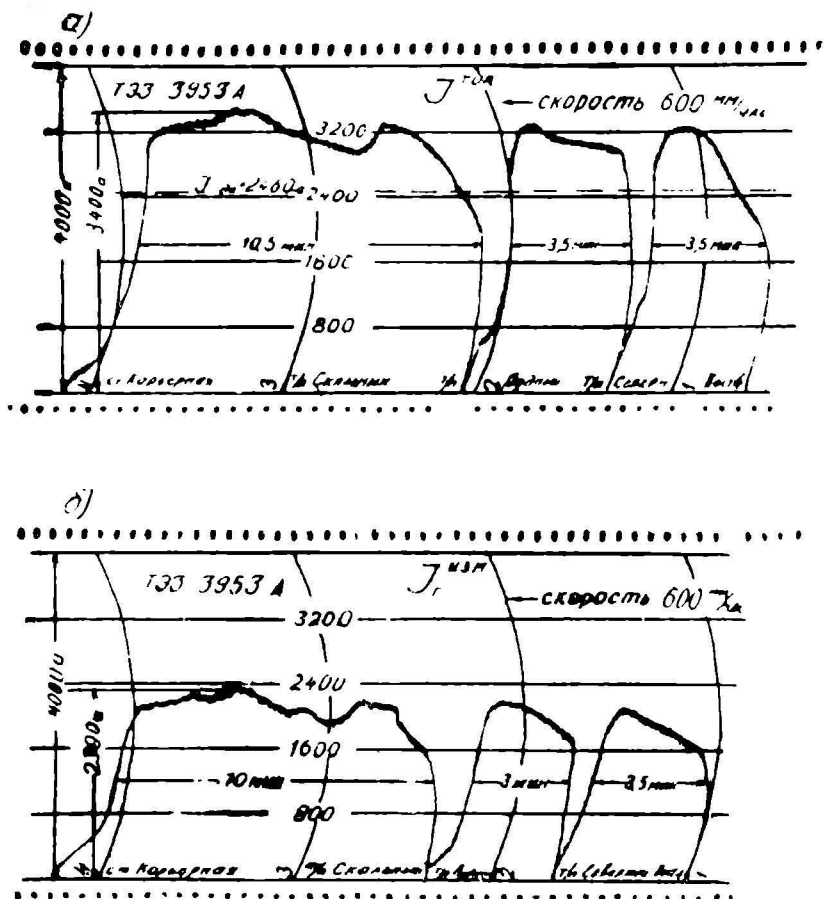


Рис. 4. Диаграммы тока главного генератора тепловоза ТЭЗ-3953А с типовой (а) и измененной (б) схемами при движении с составом весом 750 т по участку пост 4 — ст. Карьерная НКГОК'а.

На НКГОК'е проводились испытания двух модернизированных тепловозов при вождении большегрузной вертушки весом брутто 900 т, т. е. составляющей 150% от обычной весовой нормы, установленной для карьерных путей НКГОК'а и на 20% выше веса тяжеловесных вертушек. На участке пост Скальный—ст. Карьерная протяженностью 1214 м со спрямленным подъемом, равным 30,8‰, и расчетным подъемом, равным 37,3‰, эквивалентный ток главного генератора составил 2415 а. В отдельные моменты, где подъем пути был близок к 40‰, ток генератора достигал 2800а, но удерживался на этом уровне не более 0,5 мин. Общее время движения локомотиво-состава повышенного веса на подъем не превышало 25 мин. Средний ток тяговых двигателей составлял 1200а.

Таким образом, тепловоз с измененной схемой в условиях карьерных разработок без опасности для электрических машин может водить составы, на 50% превышающие весовую норму при условии необходимого увеличения сцепной силы тяги.

На основании обработки экспериментальных данных сделаны выводы о том, что величина отношения мощности локомотива к его сцепному весу должна быть уменьшена по сравнению с магистральными локомотивами.

В данной главе дан анализ работы четырех переоборудованных тепловозов в общей сложности за 374 рабочих смены, в течение которых тепловозы совершили 1732 ходки по откатке горной массы из карьера, и пяти серийных тепловозов за 391 рабочую смену, в течение которых совершено 1763 ходки. Каждый из девяти тепловозов испытывался с пятью думпкарми грузоподъемностью 95 т и отдельно с шестью думпкарами грузоподъемностью 80 т. При обработке опытных данных определение расхода топлива тепловозами производилось дифференцированно для каждого типа локомотиво-составов.

Результаты промышленных испытаний, приведенные в табл. 4 и 5 для вертушек состоящих из 95-тонных думпкаров, показали, что модернизированные тепловозы расходовали за один оборот на 5,3 кг, или на 3,2%, меньше дизельного топлива, чем серийные. Эти данные показывают сходимость расчетных данных (сокращение расхода дизельного топлива на 3,3%) с опытными.

Оценка экономической эффективности от внедрения результатов исследований производилась по калькуляции затрат для объема перевозок 1969 года железнодорожным транспортом НКГОК'а в соответствии с типовой методикой. Из расчетов следует, что себестоимость 1000 ткм перевозки горной массы

Таблица 4

№№ п-п	Тепловоз ТЭЗ с типовой схемой	Кол-во и грузо-подъемность думп-каров	Период испытаний	Кол-во рабочих смен	Кол-во оборотов вертушек			Расход топлива		
					на дробильную фабрику	на отвалы	всего	общий л	литров на 1 ходку	кг на 1 ходку
1.	2319 Б	5х95 т	12.10.67 — 5. 4.68 г.	112	302,0	200,5	502,5	102000	203,0	172,6
2.	2321 Б	5х95 т	12.10.67 — 13.11.67 г	43	132,0	78,5	210,5	39200	186,2	160,3
3.	2567 Б	5х95 т	18.10.67 — 1.12.67 г.	76	227,0	141,5	368,5	72370	196,4	166,9
4.	2321 А	5х95 т	27. 2.68 — 23. 4.68 г.	28	72,5	43,0	115,5	24530	212,5	180,6
5.	3906 А	5х95 т	16. 3.68 — 30. 4.68 г.	63	142,5	128,0	270,5	52250	193,2	164,2
Итого:				322	876,0	591,5	1467,5	290350	197,9	167,7

Таблица 5

№№ п-п	Тепловоз ТЭЗ с измененной схемой	Кол-во и грузо-подъемность думп-каров	Период испытаний	Кол-во рабочих смен	Кол-во оборотов вертушек			Расход топлива		
					на дробильную фабрику	на отвалы	всего	общий л	литров на 1 ходку	кг на 1 ходку
1.	2528 Б	5х95 т	18. 9.67 — 27. 3.68 г.	82	242,0	144,5	386,5	71950	186,2	160,3
2.	3953 А	5х95 т	7 8.67 — 14. 5.68 г.	94	214,0	194,5	408,5	82930	203,0	172,6
3.	3953 Б	5х95 т	2. 1.69 — 3. 2.69 г.	40	103,5	69,0	172,5	31175	180,7	153,6
4.	2323 А	5х95 т	20. 8.68 — 17 3.69 г.	46	123,5	99,0	222,5	41250	185,4	157,6
Итого:				262	683,0	507,0	1190,0	227305	191,0	162,4

при внедрении модернизированных тепловозов снижается с 16,195 руб. до 15,782 руб., или на 2,55%.

Годовая экономия денежных средств от внедрения результатов исследований только на НКГОК'е составит 151 тыс. руб. При учете реализации двух высвобождаемых тепловозов (секций) и части демонтированного электрооборудования экономический эффект от внедрения тепловозов с измененными схемами увеличится до 394 тыс. руб.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В результате теоретических и экспериментальных исследований силовой электрической схемы тепловоза ТЭЗ, измененной применительно к эксплуатации последнего в тяжелых условиях карьерных разработок, можно сделать следующие выводы.

1. В конструкции магистрального тепловоза серии ТЭЗ, эксплуатируемого на откатке горной массы из карьеров с большими нагрузками и скоростями движения ниже расчетной, обнаруживается ряд существенных недостатков:

а) мощность и сила тяги тепловоза из-за ограничений по току генератора недоиспользуются;

б) главный генератор работает в режиме опасных токов (3200—3600 а. а в отдельных случаях 4000 а);

в) к. п. д. тепловоза в режиме больших токов снижается на 2—3%;

г) расход топлива на единицу касательной мощности повышается.

2. Исследования, проведенные на НКГОК'е, показывают возможность эффективного применения дополнительных тяговых электродвигателей, размещаемых на осях вагонов и включенных в силовую электрическую цепь тепловоза ТЭЗ с питанием от главного генератора.

Применение данного метода на базе тепловоза ТЭЗ позволяет:

а) перевести работу главного генератора в более выгодный режим по внешней характеристике;

б) увеличить силу тяги пропорционально отношению количества всех тяговых двигателей тепловозо-моторного агрегата к количеству двигателей тепловоза. Включение шести дополнительных тяговых двигателей увеличивает силу тяги секции тепловоза ТЭЗ в два раза при соответствующем снижении скорости движения в режиме оптимальной мощности генератора;

в) повысить к. п. д. электрической передачи тепловоза при движении на малых скоростях;

г) расширить диапазон использования полной мощности дизель-генераторной установки в сторону малых скоростей.

3. Улучшение технико-экономических характеристик тепловоза ТЭЗ при эксплуатации в карьерных условиях возможно путем изменения схемы электрической передачи — переключением тяговых электродвигателей с трех параллельных групп в две группы по 3 двигателя, соединенных последовательно. Изменение электрической схемы тепловоза ТЭЗ (без учета повышения к. п. д. генератора) позволяет:

а) уменьшить ток главного генератора на 33% (при соответствующем увеличении напряжения) и таким образом снять опасные токи пусковых режимов генератора;

б) сохранить напряжение и ток тяговых электродвигателей идентичными тепловозу с типовой схемой.

4. Изменение схемы электрической передачи тепловоза ТЭЗ в карьерных условиях эксплуатации, кроме того, даст возможность:

а) поднять к. п. д. электрической передачи тепловоза. При токе тяговых двигателей 900—1200 а к. п. д. электрической передачи тепловоза при изменении схемы увеличивается на 2,5 — 3,1%;

б) повысить касательную мощность тепловоза в зоне рабочих скоростей, характерных для карьерного транспорта. При скорости 11 км/час ($I_{гд} = 1200$ а) касательная мощность увеличивается на 21,4%, при скорости 17,6 км/час ($I_{гд} = 900$ а) увеличение касательной мощности происходит на 2,5%;

в) увеличить силу тяги тепловоза и поднять вес поезда в диапазоне характерных для карьеров скоростей;

г) снять ограничение силы тяги тепловоза по пусковому току и току коммутации генератора при скоростях движения до 13,5 км/час;

д) ликвидировать ограничение силы тяги тепловоза по нагреву главного генератора;

е) повысить скорости тепловозов для существующих весовых норм поездов при движении тепловоза на подъем при серийно-параллельном соединении двигателей и 16-ом положении контроллера.

5. При допустимых в условиях карьерного транспорта скоростях движения до 40 км/час достаточно иметь одну ступень ослабления поля двигателей, равную 40%, что упростит электрическую схему, повысит надежность и позволит высвободить часть электрооборудования тепловоза.

6. Аналитические исследования позволили получить об-

щую формулу зависимости к. п. д. тяговых электродвигателей и зубчатой передачи от степени ослабления поля двигателей и скорости движения тепловоза ТЭЗ. В соответствии с общим соотношением получена формула для частного случая и определены значения $\eta_{мз}$ для измененной степени ослабления ($\alpha=40\%$) переоборудованного тепловоза в зависимости от скорости.

7. Установлены зависимости $N_k^{изм}=f(V)$, $F_k^{изм}=f(V)$, $\eta_{эл}^{изм}=f(V)$

для переоборудованного тепловоза с одной ступенью ослабления поля двигателей, равной 40%.

8. Шунтирование обмоток возбуждения тяговых двигателей тепловоза с измененной схемой должно наступать при скорости около 23 км/час и токе главного генератора 1500—1550 а.

9. Включение и отключение реле перехода тепловоза с измененной схемой должно происходить при больших, чем у серийного тепловоза, токах шунтовой катушки. Настройку реле перехода следует произвести в соответствии с данными в диссертации рекомендациями.

10. Эксплуатация тепловоза на малых скоростях с максимальной величиной силы тяги предъявляет более жесткие требования к противобоксовочной системе локомотива. Чувствительность узла обнаружения боксования должна быть повышена в соответствии с приведенными в работе рекомендациями.

11. Тепловозы, эксплуатируемые на тяжелых участках карьерных разработок должны иметь повышенную сцепную силу тяги. Для этих тепловозов величину отношения мощности локомотива к его сцепному весу необходимо уменьшить в сравнении с магистральными тепловозами.

12. Как показывают расчеты, сцепной вес тепловоза ТЭЗ можно увеличить на 7—8% с помощью балластных грузов. Более значительный эффект может быть достигнут с помощью электромагнитного способа увеличения сцепной силы тяги тепловоза. Наибольший эффект от применения этого способа возможен на тепловозе ТЭЗ с измененной схемой.

13. Как показывают расчеты и экспериментальные исследования, проведенные на НКГОК'е, предложенные изменения схемы электрической передачи при использовании тепловоза ТЭЗ в карьерах улучшают технико-экономические показатели:

а) снижают расход дизельного топлива тепловозом на 3—4%;

б) позволяют повысить вес поезда на 30—50%;

в) сокращают годовые расходы предприятия на транспортировку горной массы.

Расчеты показали, что внедрение модернизированных тепловозов ТЭЗ только на НКГОК'е позволит получить годовую экономию около 400 тыс. руб.

14. В соответствии с проведенным исследованием изменения электрической схемы тепловоза ТЭЗ может быть рекомендовано для других предприятий горнорудной промышленности, для транспортирования шлаков и сырья металлургических заводов, а также в системе МПС при использовании тепловозов ТЭЗ на горочной работе.

15. Проведенная работа показывает, что круг исследований по выявлению необходимых требований к тепловозу и определению его параметров, применительно к специфическим условиям открытых горных разработок полезных ископаемых, целесообразно расширить. Для работы в тяжелых карьерных условиях необходимо разработать конструкцию специального тепловоза. При разработке новой конструкции тепловоза можно будет учесть результаты выполненных исследований.

Диссертационная работа содержит 170 страниц, 38 рисунков и 5 приложений. Перечень литературы состоит из 142 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В ПЕЧАТИ:

1. Андриюц Г. Л., Бураев Б. К., Валентисв В. И., Гагин Л. Ф. и др. Новокриворожский горнообогатительный комбинат им. Ленинского комсомола (обзор работы). М., Черметинформация, 1967

2. Забелин Г. Д., Гагин Л. Ф., Лейферман Б. И., Бородатый А. В. Тепловозная тяга на железорудных карьерах Криворожского бассейна. М., Черметинформация, серия 16, информация 1, 1969.

3. Тверитин В. Н., Гагин Л. Ф. Улучшение тяговой характеристики тепловоза ТЭЗ для работы в карьерах. «Электрическая и тепловозная тяга», 1969, № 7

4. Тверитин В. Н., Гагин Л. Ф., Забелин Г. Д. Повышение экономичности работы тепловозов серии ТЭЗ на предприятиях черной металлургии. М., Черметинформация, серия 16, информация 4, 1969.

5. Гагин Л. Ф. Изменение силовой электрической схемы тепловоза ТЭЗ применительно к условиям эксплуатации их на карьерах. Сборник «Технический прогресс на Новокриворожском горнообогатительном комбинате». Днепропетровск. «Проминь». 1970.

6. Гагин Л. Ф. Изменение электрической схемы тепловоза ТЭЗ для карьерных условий эксплуатации. «Сборник рационализаторских предложений и изобретений, внедренных в производство». М., Металлургия (принята к печати).

Материалы диссертации одобрены при их докладе на:

- республиканской межзаводской школе «Пердовой опыт работы железнодорожных цехов предприятий», Кривой Рог, октябрь, 1970;
- совете Научно-технического общества НКГОК'а, декабрь, 1970;
- транспортной секции Научно-технического общества Министерства черной металлургии УССР, Днепропетровск, январь, 1971;
- Советах Научно-технических обществ СевГОК'а и транспортного управления Криворожского металлургического завода, февраль, 1971.

НТБ
ДНУЖТ

Подписано к печати 4-2-71 г.
Формат бумаги 60х84 $\frac{1}{16}$ Объем 1,25 п. л.

БТ 03632

Криворожская типография 746—300

Сканировала Камянская Н.А.

НТБ
ДНУЖТ