

На правах рукописи

Инженер Н. А. ПОНОМАРЕНКО

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ПУТЬ ТЕПЛОВОЗА ТИПА ТЭЗ
В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

(Специальность № 05.432 «Железнодорожный путь»)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ДНЕПРОПЕТРОВСК
1971

НТБ
ДНУЖТ

45669

95669

Гонимаренко И.
Исследования
воздействий на путь

НТБ
ДНУЖТ

На правах рукописи

Инженер Н. А. ПОНОМАРЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ПУТЬ ТЕПЛОВОЗА ТИПА ТЭЗ
В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

(Специальность № 05.432 «Железнодорожный путь»)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

НТБ
ДНУЖТ

45669

Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации инженера Н. А. Пономаренко.

Просим Вас и всех заинтересованных лиц Вашего учреждения принять участие в публичной защите диссертации или прислать свой отзыв в письменном виде в 2-х экземплярах, заверенных печатью Вашего учреждения, по адресу: г. Днепропетровск-10, Университетская, 2, ДИИТ.

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор М. А. ФРИШМАН.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор ЗОЛОТАРСКИЙ А. Ф.,
профессор ЧЕРНЫШЕВ М. А.

Ведущее предприятие — Северо-Кавказская железная дорога.

Автореферат разослан «25» мая 1971 г.

Защита диссертации состоится «1» июля 1971 г.
на заседании Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета, доктор технических наук,
профессор А. Е. БЕЛАН

НТБ
ДНУЖТ

ВВЕДЕНИЕ

Директивами XXIV съезда КПСС по девятому пятилетнему плану предусмотрено увеличение грузооборота для железных дорог на 22%. Освоение растущего быстрыми темпами грузооборота железными дорогами будет обеспечиваться в значительной степени за счет увеличения веса, скорости и интенсивности движения поездов. Для обеспечения этого, основного, условия перевозок необходимы современные мощные быстроходные локомотивы и надежный путь.

Состояние пути и затраты на его содержание и ремонт зависят прежде всего от грузонапряженности. Стабильность пути зависит также от состояния и конструктивных особенностей локомотивов и вагонов, обращающихся по этому пути. В этой связи спроектированные и построенные заводами опытные экземпляры локомотивов подвергаются динамическим (ходовым) испытаниям и обязательно испытаниям по воздействию на путь. Результаты испытаний определяют возможность и условия эксплуатации этих локомотивов на сети.

Так дело обстоит с новыми локомотивами. В процессе эксплуатации, по мере увеличения пробега локомотива, в результате неравномерного износа элементов и узлов ходовых частей изменяются условия воздействия такого локомотива на путь. Сказанное относится и к тепловозам типа ТЭЗ — наиболее массовым локомотивам на сети дорог.

Настоящая работа и посвящена изучению особенностей воздействия на путь тепловозов типа ТЭЗ в условиях его длительной эксплуатации.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Перевод железных дорог на тепловозную и электрическую тягу выдвинул целый ряд принципиально новых задач в облас-

НТБ
ДНУЖТ

ги исследования взаимодействия локомотивов и пути, связанных с конструктивными особенностями тепловозов и электровозов.

Особенности этих современных локомотивов, как известно, заключаются в следующем. Опираение кузова, в отличие от паровоза, осуществляется на тележки. Каждую ось локомотива приводят в движение отдельные тяговые двигатели. Силы инерции уравновешены. Диаметры колес значительно меньше паровозных. Тележки под кузовом расположены симметрично, бегунковые оси отсутствуют и т. д. Эти конструктивные особенности экипажной части локомотивов привели к ряду новых условий воздействия на путь по сравнению с паровозами.

Положительная сторона этих особенностей сводится к тому, что отсутствие неуравновешенных сил инерции снижает вертикальные динамические силы. Тележки с малыми жесткими базами легче вписываются в кривые. В то же время, при наличии тележек увеличивается число направляющих осей локомотива. Отсутствие бегунковых осей, малый диаметр колес и повышенная чувствительность тележечных экипажей новых локомотивов к состоянию пути во многом способствовало тому, что на участках пути с тепловозной и электровозной тягой возрос боковой износ наружных рельсов в кривых и выход рельсов по контактно-усталостным повреждениям.

Очевидно, что для того, чтобы создавать более совершенные локомотивы и, в частности, добиваться снижения уровня их воздействия на путь, необходимо накапливать данные об условиях их взаимодействия с путем. Эти данные должны быть учтены при проектировании новых локомотивов и при модернизации существующих.

Известно, что в процессе эксплуатации локомотивов любого типа постепенно накапливается износ их ходовых частей, возникают расстройства в различных узлах связей, которые могут привести к возрастанию динамических сил взаимодействия колес и рельсов. Последние комплексные путевые и динамические (ходовые) испытания электровозов ЧС-4 после пробега 170 тыс. км и 250—300 тыс. км, проведенные ЦНИИ МПС, показали, что динамические (ходовые) качества электровозов не сохраняются стабильными. Существующие методы расчета верхнего строения пути на прочность, разработанные ЦНИИ МПС, как известно, предусматривают определение максимальных вероятных сил, действующих от осей локомотивов на путь. Методика этих расчетов разработана

таким образом, что в них сделана попытка в какой-то мере отразить возникающие в процессе эксплуатации локомотивов износы и расстройства ходовых частей.

Однако, достаточно широких исследований о влиянии таких расстройств и износов на изменение сил взаимодействия не проводилось. Поэтому осуществление такого рода исследований представляет научный и практический интерес. Практическая важность этих исследований связана также с тем, что накапливающиеся износы и расстройства ходовых частей локомотивов в процессе эксплуатации конкретно не нормируются. Имеются лишь разработки в отношении норм пробега локомотивов (в км) между подъемочным и заводским ремонтами.

Главное Управление пути Министерства путей сообщения, накапливая материалы с линий, выдвинуло задачу о необходимости изучения вопроса о взаимодействии пути и подвижного состава, в частности, локомотивов, имеющих длительные эксплуатационные пробеги.

При постановке настоящего исследования было решено, как указывалось, остановиться на тепловозе типа ТЭЗ. Этот тепловоз является одним из наиболее распространенных тепловозов, поступивших в эксплуатацию на наши железные дороги.

Исследование влияния на путь именно этого тепловоза представляет большой интерес еще и потому, что, как известно, он имеет опорно-осевую подвеску двигателей, которая характеризуется весьма значительным неподрессоренным грузом. Так, например, у тепловоза ТЭП-60, имеющего опорно-рамную подвеску двигателей, неподрессоренный груз составляет 1450 кг, а у тепловоза ТЭЗ—2330 кг.

Существенно подчеркнуть то обстоятельство, что на сети широко электрифицируются магистральные линии, имеющие мощные типы верхнего строения. Эти линии до электрификации обслуживались тепловозами.

После электрификации этих линий, тепловозы переводятся на участки с менее мощным типом верхнего строения. В этих условиях также весьма важно изучение особенностей воздействия на путь именно таких тепловозов, как тепловоз типа ТЭЗ.

Основной целью настоящего исследования является определение особенностей воздействия на путь тепловозов типа ТЭЗ с учетом возможных изменений в ходовых частях локомотивов при длительной их эксплуатации.

Эта задача решалась теоретическим и экспериментальным путем. Были выполнены также работы по массовому обмеру ходовых частей тепловозов ТЭЗ, в том числе были сделаны специальные измерения неровностей на колесах тепловозов.

В диссертации дан обзор имеющихся теоретических и экспериментальных исследований по воздействию тепловозов на путь, выполненных ЦНИИ, ВНИТИ и др. научно-исследовательскими организациями.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СИЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВОЗА ТЭЗ И ПУТИ

Для решения задачи о влиянии конструктивных особенностей рессорного подвешивания и его параметров, вида неровностей на колесах и рельсах, на силы взаимодействия тепловоза ТЭЗ и пути принята расчетная схема с восемью степенями свободы (см. рис. 1).

Тепловоз (одна секция) рассматривается, как механическая система, состоящая из четырех абсолютно твердых тел: кузова массой — m_7 и трех неподрессоренных масс, приходящихся на каждое колесо первой тележки m_4 , m_5 , m_6 .

Для упрощения расчетной схемы жесткости рессорной подвески, контактные жесткости, а также жесткость основания пути, для второй тележки заменены эквивалентной жесткостью J_{11} .

Путь представляется в виде трех сосредоточенных масс m_1 , m_2 , m_3 , приведенных к каждому колесу тележки.

Балансиры, балансирующие подвески и листовые рессоры рассматриваются как невесомые рычаги. Силы трения в балансирной системе не учитываются.

Движение механической системы, согласно принципу Даламбера, описывается следующими дифференциальными уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{Z}_1 - P_4 + P_1 &= 0 \\ m_2 \ddot{Z}_2 - P_5 + P_2 &= 0 \\ m_3 \ddot{Z}_3 - P_6 + P_3 &= 0 \\ m_4 \ddot{Z}_4 - P_7 - \frac{P_8}{2} + P_4 &= 0 \\ m_5 \ddot{Z}_5 - \frac{P_8}{2} - \frac{P_9}{2} + P_5 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} m_6 \ddot{Z}_6 - \frac{P_9}{2} - P_{10} + P_6 &= 0 \\ m_7 \ddot{Z}_7 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} &= 0 \\ J_y \ddot{\varphi} + P_7 l_g + P_8 l_h + P_9 l_k + P_{10} l_m - P_{11} l_n &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\ddot{Z}_1, \ddot{Z}_2, \ddot{Z}_3$ — ускорение приведенных масс пути,

$\ddot{Z}_4, \ddot{Z}_5, \ddot{Z}_6$ — ускорение неподрессоренных, приведенных масс колес тележки тепловоза,

$\ddot{Z}_7$ — ускорение массы кузова тепловоза;

$\ddot{\varphi}$ — ускорение поворота кузова тепловоза вокруг поперечной горизонтальной оси y ;

$\{l_g, l_h, l_k, l_m, l_n\}$ — расстояния от центра тяжести кузова до соответствующих осей рессорных подвесок тележки (см. рис. 1);

J_y — момент инерции поперечного сечения кузова относительно поперечной оси, проходящей через центр тяжести;

P_1, P_2, P_3 — дополнительные динамические силы взаимодействия в основании пути;

P_4, P_5, P_6 — то же, на контакте колеса и рельса;

P_7, P_8, P_9, P_{10} — то же, в рессорных подвесках тележки тепловоза;

P_{11} — приведенная дополнительная динамическая сила взаимодействия второй тележки тепловоза и пути.

В связях расчетной механической системы (рис. 1) динамические силы взаимодействия имеют следующий вид:

в основании пути

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= Z_1 J_1 + \alpha_1 \dot{Z}_1 \\ P_2 &= Z_2 J_2 + \alpha_2 \dot{Z}_2 \\ P_3 &= Z_3 J_3 + \alpha_3 \dot{Z}_3 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Здесь $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — коэффициенты вязкого сопротивления в основании пути;

Z_1, Z_2, Z_3 — перемещение масс пути;

J_1, J_2, J_3 — приведенные жесткости основания пути.

Z_h — перемещение кузова по оси второй тележки в точке h ;

α_{11} — приведенный коэффициент вязкого сопротивления второй тележки.

При определении деформаций пружин и рессор, которые зависят друг от друга и от перемещений колес тележки Z_4 , Z_5 , Z_6 , вводились дополнительные неизвестные углы поворотов балансиров φ_1 , φ_2 , φ_3 .

Углы поворотов балансиров в зависимости от перемещений колес трехосной тележки определялись по следующим формулам:

а) при перемещении первого колеса Z_4

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1' &= \left(\frac{K_1 K_2 K_3 + 4K_1 K_2 + 4K_1 - 1}{K_1 K_2 K_3 + 4K_1 K_2 + 4K_1 + 1} \right) \frac{Z_4}{l} \\ \varphi_2' &= \left(\frac{2K_1 K_2 K_3 + 8K_1 K_2}{K_1 K_2 K_3 + 4K_1 K_2 + 4K_1 + 1} \right) \frac{Z_4}{l} \\ \varphi_3' &= \left(\frac{2K_1 K_2 K_3}{K_1 K_2 K_3 + 4K_1 K_2 + 4K_1 + 1} \right) \frac{Z_4}{l} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

б) при перемещении второго колеса Z_5

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1'' &= \left(\frac{2}{K_1 K_2 K_3 + 4K_1 K_2 + 4K_1 + 1} \right) \frac{Z_5}{l} \\ \varphi_2'' &= \left(\frac{K_1 K_2 K_3 + 4K_1 K_2 - 4K_1 - 1}{K_1 K_2 K_3 + 4K_1 K_2 + 4K_1 + 1} \right) \frac{Z_5}{l} \\ \varphi_3'' &= - \left(\frac{2K_1 K_2 K_3}{K_1 K_2 K_3 + 4K_1 K_2 + 4K_1 + 1} \right) \frac{Z_5}{l} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

в) при перемещении третьего колеса Z_6

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1''' &= \left(\frac{2}{K_1 K_2 K_3 + 4K_1 K_2 + 4K_1 + 1} \right) \frac{Z_6}{l} \\ \varphi_2''' &= \left(\frac{8K_1 + 2}{K_1 K_2 K_3 + 4K_1 K_2 + 4K_1 + 1} \right) \frac{Z_6}{l} \\ \varphi_3''' &= \left(\frac{1 + 4K_1 + 4K_1 K_2 - 4K_1 K_2 K_3}{K_1 K_2 K_3 + 4K_1 K_2 + 4K_1 + 1} \right) \frac{Z_6}{l} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где l — плечо балансира

$$K_1 = \frac{Ж_7}{Ж_8}, \quad K_2 = \frac{Ж_8}{Ж_9}, \quad K_3 = \frac{Ж_9}{Ж_{10}}$$

Здесь: J_7, J_8, J_9, J_{10} — приведенные жесткости пружин и рессор одной стороны тележки тепловоза.

В общем случае:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &= \varphi'_1 + \varphi''_1 + \varphi'''_1 \\ \varphi_2 &= \varphi'_2 + \varphi''_2 + \varphi'''_2 \\ \varphi_3 &= \varphi'_3 + \varphi''_3 + \varphi'''_3 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Решение системы дифференциальных уравнений (1) выполнялось с применением аналоговых электронных вычислительных машин типа МН-7 и «Аналог», включенных на параллельную работу.

Исследования вертикальных динамических сил выполнялись при наличии возмущающих факторов системы: неровностей на колесах и в пути. При этом в расчетах рассматривались косинусоидальные неровности пути различной длины и глубины.

Параметры неровностей на колесах принимались на основании статистической обработки результатов массовых обмеров колесных пар тепловозов, поступивших в заводской ремонт.

Анализ результатов измерений показал, что по геометрической форме и протяженности на поверхности катания колесных пар, неровности можно разделить на XII групп. Из них восемь групп составляют непрерывные неровности по всему кругу катания (наиболее распространенные) и четыре группы — изолированные неровности. Большая часть непрерывных неровностей имеют косинусоидальную форму.

Средние значения глубины всех неровностей составили 0,5—0,2 мм, а максимальные наблюдаемые — 3 мм. В работе приведен подробный анализ результатов выполненных решений. Главнейшие итоги этих решений даны в п. 5 этого автореферата.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные исследования по воздействию тепловозов ТЭЗ на путь были выполнены путепытательной лабораторией ДИИТа при участии автора (руководитель — проф. М. А. Фришман).

Часть этих исследований была проведена совместно с лабораторией динамики подвижного состава ДИИТа (руководитель—член-корреспондент АН УССР, проф. В. А. Лазарян)

Материалы динамических испытаний, любезно предоставленные нам, были проанализированы в комплексе всей задачи.

Динамические испытания и испытания по воздействию на путь тепловозов ТЭЗ проводились на трех опытных участках, характеристики которых приведены в табл. I.

Таблица I

№№ опытных участков	Тип рельсов	Шпалы	Скрепления	Характеристика	Максимальные скорости движения (км/час)	Количество опытных поездов
---------------------	-------------	-------	------------	----------------	---	----------------------------

I	P-50	деревянные	костыльные (стандартные)	кривая R=345 м	80	140
II	P-50			кривая R=600 м	120	255
III	P-50			прямая	120	255

Примечание. Совместные динамические испытания тепловозов и испытания по воздействию на путь проводились на участках II и III.

Выбранные участки пути для проведения испытаний специально не готовились. По данным прохода вагона-путеизмерителя состояние опытных участков пути оценивалось на «хорошо».

В процессе опытов регистрировались следующие данные: напряжения в кромках и головке рельсов, вертикальные силы, передающиеся от колес тепловозов на рельсы, горизонтальные (боковые) отжатия головки рельсов, горизонтальные поперечные, давления рельсов на шпалы, характеристики пространственной жесткости подрельсового основания.

В ходе динамических испытаний были получены: динамические вертикальные прогибы рессор, частоты некоторых видов колебаний тепловозов, поперечные горизонтальные перемещения тележек относительно кузова опытных тепловозов и коэффициенты динамических добавок.

Опытный состав состоял из двух секций разных тепловозов ТЭЗ, взятых из эксплуатационного парка, одна из которых

(№ 5427А) к моменту испытаний имела пробег после заводского ремонта 77300 км, а вторая (№ 4369Б) — 323000 км.

Трехосные тележки обоих опытных тепловозов ТЭЗ — модернизированные, постройки после 1962 г

Для исключения влияния асимметрии сборки экипажной части на результаты испытаний опытные локомотивы после совершения заданного цикла поездок поворачивались и поездки повторялись.

Для того, чтобы исключить случайность в выборе опытных локомотивов, эксперименты проводились также и под всеми тепловозами серии ТЭЗ, проходившими по опытным участкам с графиковыми поездами (всего записано 100 секций таких тепловозов).

Обработка опытных данных методами математической статистики проводилась для каждого направления движения отдельно (четного и нечетного) Группировка данных велась с учетом скорости движения, места установки приборов, а также по циклам поездок до и после разворота тепловозов.

Измерения группировались по осям тележек тепловозов однотипным по воздействию на путь по схеме своего расположения в экипажной части тепловозов 1-4, 2-5, 3-6.

В итоге статистической обработки по принятой нами методике были получены средние и максимальные вероятные значения измеренных величин.

По полученным данным (они приведены в диссертации) была построена серия графиков зависимости напряжений, отжатий рельсов и сил, действующих на рельсы (для разных участков) в функции скорости, до поворота и после поворота локомотивов. Главнейшие результаты экспериментальных исследований приведены в п. 5 автореферата.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ВЕЛИЧИН ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ЭКИПАЖНОЙ ЧАСТИ ТЕПЛОВОЗОВ ТЭЗ

По мере увеличения пробега тепловозов возникают износы деталей ходовых частей, расстройство узлов, люфты и другие дефекты. Для выяснения вопроса о степени влияния люфтов и др. неисправностей экипажной части на уровень и характер сил взаимодействия тепловозов ТЭЗ и пути необходимо знать характер накапливания их в процессе эксплуатации. В целях изучения характера этих неисправностей были организованы

обширные измерения износа деталей рессорного подвешивания тележек тепловозов при поступлении их в заводской и подъемочный ремонты. Эти измерения проводились по специально разработанной методике на тепловозоремонтном заводе и в одном из локомотивных депо. Полученные данные массовых промеров были подвергнуты обработке методами математической статистики.

В программу этих работ были включены измерения:

1. Суммарных зазоров между валиками и втулками в рессорных балансирах, в нижнем шарнире в местах соединения листовых рессор с пружинами, в нижнем и верхнем шарнирах в местах соединения балансиров с подвесками и подвесок с листовыми рессорами.

2. Величина износа опор балансиров и самих балансиров в зоне опирания, а также износа торцевых упоров букс крайних осей тележек.

3. Зазоров между шейкой колесной пары и моторно-осевыми подшипниками.

4. Диаметров роликов опорно-возвращающих устройств.

5. Диаметральных зазоров между шкворнем пяты и гнездом рамы.

6. Поперечных и продольных разбегов колесных пар в раме тележки.

7. Толщины резиновых амортизаторов, длины цилиндрических пружин и жесткостей.

8. Неровностей на колесах по кругу катания.

Всего было обследовано 80 секций тепловозов ТЭЗ, приписанных к восьми дорогам сети.

Группировка данных измерений производилась отдельно по секциям, по всем тележкам с обеих сторон, с выделением лишь крайних и средних осей тележек в зависимости от специфики конкретного вида измерений.

Данные, полученные в результате статистической обработки измерений износа деталей и узлов тепловозов, приведены в табл. 2.

Полученные результаты позволяют судить в известной мере о степени износа деталей экипажной части тепловозов ТЭЗ к моменту поступления их в заводской ремонт, то есть после пробега около 600 тыс. км.

В диссертации также приведены результаты замеров к моменту поступления тепловозов в подъемочный ремонт, то есть после пробега примерно 200—220 тыс. км. Из всей совокуп-

Таблица 2

Статистические характеристики	Суммарный зазор между валиками и втулками			Продольные разбегі колесных пар (суммарные на обе стороны), мм		Поперечные разбегі колесных пар (суммарные на обе стороны)		Диаметральный зазор между шкворенными пятами и тисадам рамы, мм		Диаметральный зазор между шейкой колесной пары и моторно-осевым подшипником, мм		Диаметр цилиндрической части роликов опорно-возвращающих устройств, мм		Износ торцевых упоров букс и крайних осей, мм		Толщина резиновых амортизаторов в крайних подвесках рессорного подвешивания, мм		Толщина резиновых амортизаторов в местах соединения листовых рессор с пружи-ными, мм	
	в рессорных балла-сипах, в мм	в месте соединения листовых рессор с пружинными, мм	между рессорными подвесками и балла-сипами, мм	Поперечные разбегі колесных пар (суммарные на обе стороны)		Диаметральный зазор между шейкой колесной пары и моторно-осевым подшипником, мм		Диаметр цилиндрической части роликов опорно-возвращающих устройств, мм		Износ торцевых упоров букс и крайних осей, мм		Толщина резиновых амортизаторов в крайних подвесках рессорного подвешивания, мм		Толщина резиновых амортизаторов в местах соединения листовых рессор с пружи-ными, мм		Толщина резиновых амортизаторов в местах соединения листовых рессор с пружи-ными, мм		Толщина резиновых амортизаторов в местах соединения листовых рессор с пружи-ными, мм	

Количество изме-
рений

Средние значения

Максимальные ве-
роятные значе-
нияСреднеквадратич-
ные уклонения

512 512 512 81 52 26 118 752 1021 514 504 1008

2,11 1,00 2,45 3,36 6,54 30,32 1,42 2,72 59,79 2,18 31,67 31,60

4,76 2,32 5,45 6,69 9,54 34,04 3,40 4,22 59,79 3,53 34,94 34,33

0,87 0,44 1,00 1,11 1,00 1,24 0,66 0,50 0,0 0,45 1,09 0,91

ности проведенных измерений наибольший интерес, для целей исследования, представляют данные по величине зазоров между валиками и втулками рессорного подвешивания, о поперечных разбегах колесных пар и характеристиках неровностей на колесах.

Анализируя данные табл. 2 можно отметить, что в процессе эксплуатации происходит интенсивный износ деталей экипажной части тепловоза ТЭЗ. Значение величин износа почти всех деталей намного превышают браковочные размеры. В результате, при ремонте около 70% валиков и втулок заменяются новыми. При этом следует отметить, что износ деталей рессорного подвешивания происходит неравномерно по левой и правой сторонам тележек, что подтверждает вывод о влиянии плана линии (или сборки ходовой части) на условия эксплуатации тепловоза (без периодического их разворота).

5. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Главнейшие результаты теоретических исследований сводятся к следующему:

а) изменение модуля упругости подрельсового основания в пределах от $U = 250 \text{ кг/см}^2$ до $U = 1500 \text{ кг/см}^2$ приводит к росту сил на контакте колеса и рельса на 10—15%;

б) увеличение жесткости рессор в пределах 5—10% приводит к росту сил на контакте колеса и рельса на 1,5—2,0%;

в) параметры геометрических неровностей пути (их длина и глубина) существенно влияют на значения сил взаимодействия в функции скорости.

Важно подчеркнуть, что при любых параметрах указанных неровностей наибольшее динамическое воздействие на путь оказывает третья ось тележки тепловоза. Это обстоятельство хорошо подтверждается данными эксперимента;

г) изучение материалов по неровностям на колесах показали, что по геометрической форме и протяжению по окружности колеса, типы неровностей можно разделить на XII групп. Из них наибольший интерес представили три типа неровностей: непрерывная волнообразная односторонняя, непрерывная пикообразная разносторонняя с ползунами закатанной формы и непрерывная синусоидальная симметричная и односторонняя (для сравнения, как наиболее изученная);

д) теоретические исследования сил, вызванных неровностями на данном колесе, показали, что они приводят к незначительным колебаниям соседних колес. Это свидетельствует о том, что балансирующая система рессорного подвешивания тепловоза ТЭЗ приводит к малоощутимому перераспределению нагрузок в процессе динамического взаимодействия, вызванного сравнительно кратковременным возмущением;

е) непрерывная волнообразная и пикообразная неровности (группа V и VII) вызывают наибольшие динамические силы, передающиеся от колес на рельсы. Уровень их при движении по пути без неровностей достигает 14—16 тонн;

ж) при сочетании неровностей на одном из колес с неровностью на пути силы на контакте колес и рельсов возрастают на 40—50 %;

з) в целом на основании материалов, выполненного исследования, можно отметить хорошую сходимость теоретических и экспериментальных данных.

Главнейшие результаты экспериментальных исследований сводятся к следующему:

1 По воздействию тепловоза на путь:

а) напряжения в кромках подошвы рельсов достигают 900 кг/см^2 (прямые), 1200 кг/см^2 (кривые $R=600 \text{ м}$) и 2000 кг/см^2 (кривые $R=345 \text{ м}$);

б) вертикальные давления колес на рельсы достигают в среднем 19,5 тонны, а максимальные 23,4 тонны;

в) наибольшие боковые давления рельсов на подкладки находятся в пределах 2,4—2,6 тонны;

г) наибольшие боковые давления колес на рельсы (найденные по значениям отжатий и характеристикам жесткости) достигают 15—16 тонн.

2. По характеристикам динамики тепловозов:

а) вертикальные прогибы рессор в прямых участках пути достигают значений:

3—4 мм при $V=80 \text{ км/час}$;

5—6 мм при $V=100—120 \text{ км/час}$.

В кривых они возрастают до 10—15 мм;

б) среднее значение коэффициента динамических добавок составляет 0,37 при $V=120 \text{ км/час}$;

в) отмечено, что с ростом скорости (более 100 км/час) уменьшаются амплитуды поперечной качки, но возрастают амплитуды колебаний подпрыгивания;

г) характерные значения частот колебаний составляют:
при боковой качке 0,4—1,2 гц;
при подпрыгивании 1,4—1,7 гц;
при продольной качке 2,1—2,5 гц.

3. По сопоставлению тепловозов с малым и большим эксплуатационным пробегом:

а) по основным данным напряженно-деформированного состояния пути не отмечается существенной разницы между воздействием тепловозов с различной величиной эксплуатационного пробега. Однако, в ряде случаев отмечается тенденция к росту показателей динамики при воздействии тепловозов с большим пробегом. В частности можно отметить, что вертикальные силы давления колес на рельсы больше на 1,5—2,0 т у тепловоза, имеющего большой пробег;

б) наиболее четко вырисовывается разница между воздействием на путь тепловоза с большим пробегом и тепловозом, имеющим малый пробег при анализе бокового взаимодействия, имеющего место в кривых участках пути. Эта разница отмечена в данных по горизонтальным давлениям рельсов на подкладки и по боковым отжатиям рельсов (до 15%) Существенная разница в значениях амплитуд поперечной качки, которые больше у тепловоза, имеющего большой пробег

4. По условиям движения тепловозов:

В опытах отмечена существенная разница в ряде измерений, проведенных до и после поворота тепловозов, что свидетельствует о несимметричной сборке тепловозов или прирабабивании их ходовых частей при постоянном направлении их движения на одних и тех же участках.

В указанной связи целесообразно рекомендовать систематические повороты тепловозов в межремонтные периоды после пробега 35—50 тыс. км.

5. По материалам массового обмера деталей ходовых частей тепловозов:

В результате анализа, проведенных измерений и их последующей обработки можно сказать, что узлы и детали экипажной части тепловоза, износившись до норм браковочных размеров, своевременно в процессе эксплуатации не выявляются и не заменяются. Замена таких деталей производится лишь при очередных ремонтах в зависимости от эксплуатационных пробегов.

Необходимо специалистам локомотивного и путевого хозяйства разработать более совершенную систему текущего

осмотра тепловозов с тем, чтобы детали и узлы экипажной части по износу, превышающие браковочные размеры, своевременно, не дожидаясь планового ремонта, выявлялись и заменялись.

Диссертационная работа содержит 151 страницу, 70 рисунков и одно приложение. Перечень литературы состоит из 112 названий.

НТБ
ДНУЖТ

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В РАБОТАХ:

1. Фришман М. А., Татуревич А. П., Клименко В. Н., Пономаренко Н. А. К вопросу исследования вертикального воздействия на путь тепловоза ТЭЗ. Труды ДИИТа, вып. 117, изд-во «Таврида», 1970.
2. Татуревич А. П., Пономаренко Н. А. Результаты статистических измерений износа деталей экипажной части тепловоза ТЭЗ. Труды ДИИТа, выпуск 117, изд-во «Таврида», 1970.
3. Логвин А. Ф., Пономаренко Н. А. Горизонтальные силы взаимодействия пути и тепловоза ТЭЗ в зависимости от величины зазора в колесе. Труды ДИИТа, выпуск 117, изд-во «Таврида», 1970.
4. Татуревич А. П., Клименко В. Н., Пономаренко Н. А. Исследование динамических характеристик взаимодействия пути и тепловоза ТЭЗ в вертикальной плоскости. Материалы юбилейной научно-технической конференции ДИИТа, ротопринт ДИИТа, стр. 157, 1970.
5. Пономаренко Н. А. Взаимодействие локомотивов и пути. Журнал «Путь и путевое хозяйство», № 3, стр. 32, 1971.

БТ 13012. Подписано к печати 10.V.1971 г.

Бумага 60×84¹/₁₆. 1,25 печ. л. Зак. № 4058. Тираж 140 экз.
Типография издательства «Зоря», г. Днепропетровск, Ленинградская, 56.