

M432687

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ
ЗАВЕДЕНИЕ И.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ГРОШЕВ АНАТОЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 629.113.03-592.001.5

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ ТОРМОЗОВ
ГУСЕНИЧНЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ

05.05.03 Автомобили и тракторы

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1985

Работа выполнена в Горьковском ордена Трудового Красного
Знамени политехническом институте им. А.А.Жданова

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент

Барахтанов Л.В.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, доцент

Дидусев Б.А.

кандидат технических наук,

ст.научн.сотр.

Федосеев В.Н.

Ведущее предприятие - Производственное объединение ГАЗ

Защита диссертации состоится 20 января 1986 г. в 14³⁰
на заседании специализированного совета К.053.15.10 "Транс-
портное машиностроение" МВТУ им. Н.Э.Баумана по адресу:
107005, г.Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверен-
ные печатью организации, просим направлять по указанному
адресу.

С
им. Н

МВТУ

1985 г.

Заказ
Л-976

ML132687

00 экз.

Актуальность тем. В решениях XXVI съезда КПСС и в утвержденных на нем "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 г." поставлена задача повышения уровня использования и надежности работы технических средств транспорта. Важней в повышении надежности гусеничных транспортных машин является создание эффективных и долговечных тормозов. Увеличение удельной мощности и средних скоростей движения гусеничных транспортеров привело к возрастанию энергонагруженности тормозов; повысились требования к их надежности и долговечности. Особенно остро встала проблема увеличения долговечности тормозов механизмов поворота гусеничных транспортеров с бортовыми фрикционными. В связи с особенностями конструкции и условий работы ленточных тормозов гусеничных транспортеров возникла необходимость разработки специальных методик экспериментальных исследований, оценки нагруженности и долговечности рабочих элементов. Разработка таких методик, направленных на комплексное исследование ленточных тормозов и повышение их долговечности, - актуальнейшая задача совершенствования гусеничных транспортеров.

Цель работы. Повышение долговечности ленточных тормозов гусеничных транспортеров на основе их комплексного исследования.

Научная новизна заключается в том, что: разработана методика расчета установившихся объемных температур элементов ленточного тормоза, отличающаяся от известных учетом теплосмена поверхностей трения с воздухом в зазоре; впервые получены расчетные зависимости установившихся температур элементов ленточных тормозов гусеничных транспортеров от установочного зазора, коэффициента взаимного перекрытия и скорости потока воздуха, подаваемого в зазор в осевом направлении; разработана методика расчета барабана ленточного тормоза, отличающаяся от известных учетом неравномерности нагрева дисковой части; впервые исследовано влияние конструктивных факторов и режима работы ленточных тормозов гусеничных транспортеров на отклонения профиля продольного сечения барабана и на макроконтрактивное поверхности пары трения; разработанные стенд и методики стендовых испытаний позволяют наиболее полно воспроизводить эксплуатационные режимы работы тормозов механизмов поворота гусеничных транспортеров.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1432687

Грошев А.М. Повышение долговечности



нических транспортеров и прогнозировать их долговечность.

Практическая ценность. Разработанные методики теплового расчета, расчета тормозного барабана и определения долговечности фрикционных накладок позволят на стадии проектирования выбрать основные параметры тормозов.

Разработанные стенд и методики стендовых испытаний позволяют ускорить проектирование и сократить затраты на разработку новых конструкций тормозов гусеничных транспортеров.

На основе экспериментально-теоретических исследований разработаны: конструкция ленточного тормоза с вентилятором и направляющим кожухом, позволяющая снизить на 25...30% объемные температуры фрикционных накладок и повысить их долговечность; конструкция тормоза с двумя параллельными лентами и фрикционными накладками из асбестоляного материала 43-612-67, обеспечивающая хорошее контактирование и высокую долговечность пары трения.

Реализация работы. Результаты исследований в виде методик расчетов и экспериментальных образцов внедрены на Горьковском автомобильном заводе и использованы при разработке и выборе основных параметров новых тормозов гусеничных транспортеров.

Методики расчетов и тормозной стенд используются в учебном процессе кафедры "Автомобили и тракторы" ГПИ им. А.А. Жданова.

Апробация работы. Результаты работы были доложены: на III научной конференции молодых ученых и специалистов Горьковского политехнического института, 1982; на научной конференции молодых ученых Волго-Вятского региона, посвященной 60-летию образования СССР, Горький, 1982; на научно-технических конференциях "Повышение эффективности проектирования и испытаний автомобилей", Горький, 1982, 1983, 1984 гг.; на заседании секции серийных машин НТО УКАР Горьковского автозавода, Горький, 1984; на всесоюзном научно-техническом совещании "Динамика и прочность автомобиля", Москва, 1984; на заседании кафедры "Автомобили и тракторы" ГПИ им. А.А. Жданова, Горький, 1984 и 1985 гг.; на научном семинаре кафедры К-2 МВТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 1984 и 1985 гг.; на секции ученого совета ВНИИАТИ, Ярославль, 1985 г.; на конференции "Совершенствование расчетных и экспериментальных методов исследования физических процессов", Николаев, 1985 г.

Публикации. По материалам исследований опубликовано 7 печатных работ, выпущено 6 научно-технических отчетов.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы, приложений; изложена на 117 страницах машинописного текста, содержит 3 табл., 49 рисунков, 110 наименований источников литературы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность работы, теоретическая и практическая значимость выполненных исследований, указаны основные этапы работы.

В первой главе выполнен обзор работ отечественных и зарубежных ученых по исследованиям тормозных и фрикционных устройств, проведен анализ влияния различных факторов на интенсивность изнашивания фрикционных материалов.

Методы расчетов и экспериментальных исследований тормозных и фрикционных устройств содержатся в работах Александрова М.П., Барского И.Б., Брауна Э.Д., Бурова С.С., Бухарина Н.А., Вольченко А.И., Германчука Ф.К., Генбома В.В., Гинзбурга А.Г., Гредескула А.Б., Гудза Г.С., Зельцмана И.М., Зиновьева Е.В., Каминского Д.М., Крагельского И.В., Носова Н.А., Оношко А.Д., Пыжевича Л.М., Ромашко А.М., Талу К.А., Федосеева В.Н., Федорченко Н.М., Чичинадзе А.В., Чудакова Е.А., Шеренга Г.М., Дрехселя Е., Корма А., Ньюкомба Т.П., Ри С.К., Черпеля В., Эрнста Х. и других ученых. Но для комплексного исследования путей повышения долговечности ленточных тормозов гусеничных транспортеров, в связи с особенностями их конструкции и условий работы, необходимо на основе известных методов разработать специальные методики расчетов, методики стендовых и дорожных испытаний.

Анализ ранее выполненных исследований применительно к ленточным тормозам механизмов поворота гусеничных транспортеров показал следующее.

Повысить долговечность ленточных тормозов гусеничных транспортеров возможно прежде всего за счет применения фрикционного материала, имеющего хорошие фрикционно-износные свойства в рабочем диапазоне температур исследуемого тормоза, а также за счет снижения установившихся объемных, средних поверхностных температур, максимальных температур на фактическом контакте. Важным для повышения долговечности исследуемых тормозов является улучшение макроконтактирования поверхностей трения барабана и фрикционных накладок.

Известные аналитические методы теплового расчета тормозов не позволяют исследовать влияние величины установочного зазора и скорости потока воздуха принудительно подаваемого в зазор, на установившиеся объемные температуры рабочих элементов.

Известные методики аналитических расчетов тормозных барабанов не могут быть использованы без соответствующей доработки для исследования влияния различных факторов на деформации и напряжения в ободу барабана и на характер макроконтактирования трущихся поверхностей ленточного тормоза, работающего в повторно-кратковременном режиме.

Наиболее достоверным способом прогнозирования долговечности фрикционных накладок тормоза является получение их износных характеристик на стенде с натурным узлом трения при имитации эксплуатационных режимов работы.

Для комплексного исследования ленточных тормозов гусеничных транспортеров с целью повышения их долговечности, на основании выполненного обзора, поставлены следующие задачи:

- определение параметров теплового и механического нагружения тормозов механизмов поворота гусеничных транспортеров в эксплуатационных условиях;
- разработка стенда, имитирующей режимы работы тормозов механизмов поворота гусеничных транспортеров и методики получения на стенде износных характеристик фрикционных накладок для прогнозирования их долговечности;
- разработка методики теплового расчета ленточного тормоза при повторно-кратковременных торможениях;
- разработка методики расчета барабана ленточного тормоза, позволяющей исследовать влияние его конструкции и режима работы на деформации и напряжения в ободу и на характер макроконтактирования поверхностей трения;
- исследование возможности повышения долговечности ленточных тормозов гусеничных транспортеров за счет применения теплостойкого фрикционного материала, снижения установившихся температур элементов трения и улучшения контактирования поверхностей трения;
- разработка по результатам исследований конструкций тормозов и экспериментальная проверка их долговечности.

Вторая глава посвящена разработке методики теплового расчета ленточного тормоза при повторно-кратковременных торможе-

ниях.

Для оценочных расчетов установившихся объемных температур фрикционных накладок и барабана ленточных тормозов механизмов поворота гусеничных транспортеров и для исследований влияния различных факторов на температурный режим тормоза была разработана, с использованием известного метода теплового баланса, система уравнений, включающая уравнения тепловых балансов барабана и ленты и уравнение для определения средней температуры воздуха в зазоре.

При составлении системы уравнений температура обода барабана принималась одинаковой по всему объему, а температура тормозной ленты — переменной по ее толщине. При этом учитывались: отвод тепла в окружающую среду со свободных поверхностей барабана и ленты; теплообмен поверхностей трения с воздухом в зазоре; отвод тепла от обода барабана в диск и ступицу.

Для расчета средней, за время разомкнутого состояния тормоза ($t_{охл}$), температуры воздуха в зазоре между лентой и барабаном была получена формула:

$$\bar{v}_3 = \frac{\bar{v}_1 + \bar{v}_{20}}{2AL} [AL + \exp(-AL) - 1] + \frac{v_{вх}}{AL} [1 - \exp(-AL)], (1)$$

где $A = 2\sigma_3 / (\gamma v_3 \delta c_p)$; $\bar{v}_1$ — средняя установившаяся объемная температура обода барабана; $\bar{v}_{20}$ — средняя за время $t_{охл}$ установившаяся температура поверхности трения тормозной ленты; L — длина зазора в направлении потока воздуха; $v_{вх}$ — температура воздуха на входе в зазор; v_3 — среднерасходная скорость воздуха в зазоре; σ_3 — коэффициент теплообмена поверхностей трения барабана и ленты с воздухом в зазоре; δ — величина зазора между лентой и барабаном; γ и c_p — плотность и удельная теплоемкость воздуха.

При составлении уравнения теплового баланса обода барабана отвод тепла в диск барабана учитывался параметром Q , определяемым из выражения (2), полученного решением дифференциального уравнения распространения тепла в однородном диске при граничном условии $\bar{v}|_{R=R_2} = \bar{v}_1$

$$Q = 2\pi R_2 h_1 \lambda_1 m \frac{I_1(mR_2)}{I_0(mR_2)}, \quad (2)$$

где R_2 - внутренний радиус барабана; h_1 - толщина диска; λ_1 - теплопроводность материала барабана; $m = \sqrt{2\sigma_0/(\lambda_1 h_1)}$; σ_0 - коэффициент теплоотдачи диска; $I_1(mR_2)$ и $I_0(mR_2)$ - функции Бесселя.

Окончательный вид системы уравнений для расчета средних установившихся температур обода барабана и накладок ленточного тормоза

$$\begin{cases} B_1 \vartheta_1 - B_3 \vartheta_3 = B_0 \\ C_{21} \vartheta_{20} + C_{21} \vartheta_{21} - C_3 \vartheta_3 = C_0 \\ D_{21} \vartheta_{21} - D_{20} \vartheta_{20} = D_0 \\ E_1 \vartheta_1 + E_{20} \vartheta_{20} - E_3 \vartheta_3 = -E_0 \end{cases} \quad (3)$$

В уравнениях (3)

$$B_1 = \sigma_3 A_{20} t_{\text{схл}} / t_{\text{ц}} + \sigma_{11} A_{11} + \sigma_{12} A_{12} + Q; B_3 = C_{20} = C_3 = \sigma_3 A_{20} t_{\text{схл}} / t_{\text{ц}};$$

$$B_0 = \alpha_{\text{тн}_1} W_{\text{тн}} / t_{\text{ц}} + (\sigma_{11} A_{11} + \sigma_{12} A_{12} + Q) \vartheta_0; C_{21} = \sigma_{21} A_{21};$$

$$C_0 = \alpha_{\text{тн}_2} W_{\text{тн}} / t_{\text{ц}} + A_{21} \sigma_{21} \vartheta_0; D_{20} = k_{\text{т}} A_{20}; D_0 = A_{21} \sigma_{21} \vartheta_0;$$

$$D_{21} = k_{\text{т}} A_{20} + \sigma_{21} A_{21}; E_3 = 2\sigma_3 L / (\delta v_3 \delta c_p);$$

$$E_1 = E_{20} = [E_3 + \exp(-E_3) - 1] / 2; E_0 = \vartheta_0 [1 - \exp(-E_3)],$$

где A_{20} - площадь поверхности трения тормозной ленты; A_{11} и A_{12} - площади свободных поверхностей обода барабана соответственно трущейся и противоположной ей; σ_{11} и σ_{12} - коэффициенты теплоотдачи поверхностей A_{11} и A_{12} ; A_{21} - площадь свободной поверхности тормозной ленты; σ_{21} - коэффициент теплоотдачи свободной поверхности тормозной ленты; $\alpha_{\text{тн}_1}$ и $\alpha_{\text{тн}_2}$ - коэффициенты распределения тепловых потоков барабана и ленты; ϑ_{21} - средняя

установившаяся температура свободной поверхности тормозной ленты; ϑ_0 — температура окружающего воздуха; k_r — тепловая проводимость тормозной ленты.

Для расчетов коэффициентов теплоотдачи обоснованы и выбраны критериальные формулы, разработанные в теплотехнике для тел различной формы и для воздуха, движущегося в плоской щели.

Получена формула для определения установившейся объемной температуры тормозного барабана перед очередным торможением с использованием результатов расчета установившихся температур, полученных при решении системы (3)

$$\vartheta_{y,}'' = \frac{\alpha_{rn}, W_{rn}}{G, C,} \frac{\exp\left(-\frac{\alpha_{rn}, W_{rn}}{G, C, \vartheta,}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{\alpha_{rn}, W_{rn}}{G, C, \vartheta,}\right)}, \quad (4)$$

где G , — вес теплопоглощающего объема барабана; C , — удельная теплоемкость материала барабана.

Составлен алгоритм теплового расчета ленточного тормоза (рис. I), реализованный в виде программы на ЕС ЭВМ.

Третья глава посвящена расчетно-теоретическим исследованиям напряженно-деформированного состояния обода тормозного барабана. Изложена методика расчета деформаций и напряжений в ободе барабана, позволяющая исследовать влияние конструкции и режима работы тормоза на деформации обода барабана в продольной плоскости и на прочность барабана. В качестве разрешающих уравнений использовались уравнения из теории цилиндрических оболочек и дисков (Бидерман В.Л., Тимошенко С.П.). Неизвестные коэффициенты определялись в процессе решения из граничных условий и условий сопряжения элементов тормозного барабана. Расчетная схема барабана представлена цилиндрическими короткими оболочками и диском. При составлении расчетной схемы были приняты следующие условия и допущения: распределение радиальной нагрузки по окружности равномерное, закон изменения температуры по толщине обода линейный, диск барабана сплошной однородный, температура диска переменная по радиусу и описывается зависимостью

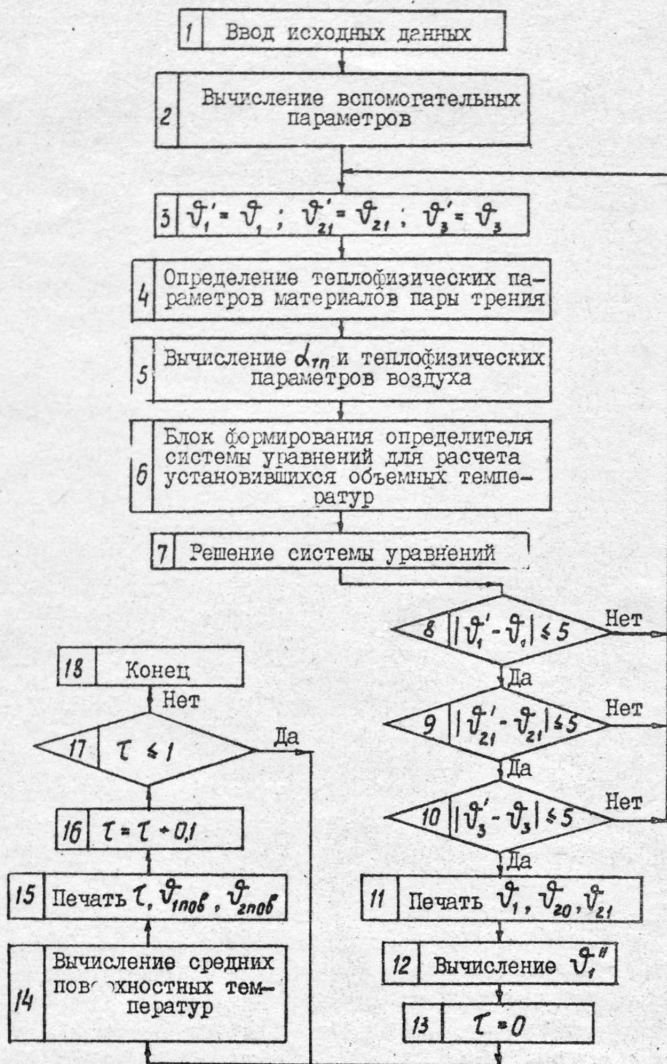


Рис. 1. Блок-схема теплового расчета ленточного тормоза

$$\vartheta_2(R) = \vartheta_2 I_0(mR) / I_0(mR_2), \quad (5)$$

где ϑ_2 — температура диска в месте сопряжения с ободом.

Методика реализована в виде программы расчета на ЕС ЭВМ.

В качестве критерия для оценки неравномерности радиальных деформаций обода барабана в продольной плоскости принято, предусмотренное ГОСТ 24642-81, отклонение профиля продольного сечения цилиндрической поверхности Δ_{max} .

Получены расчетные зависимости Δ_{max} от температуры обода барабана, перепада температур по толщине обода, нагрузки на обод, коэффициента теплоотдачи диска барабана, радиуса барабана, толщины и ширины обода и толщины диска. Установлено, что отклонение профиля продольного сечения цилиндрической поверхности барабана ленточного тормоза обусловлено прежде всего неравномерностью радиальных температурных деформаций обода по ширине и зависит от размеров барабана (возрастает с увеличением радиуса и ширины барабана, с уменьшением толщин обода и диска).

Проведены исследования напряженно-деформированного состояния обода барабана ленточного тормоза при полном и неполном контакте трущихся поверхностей, которые показали, что при неполном контакте по ширине обода отклонение профиля продольного сечения обода барабана Δ_{max} , обусловленное температурными деформациями, в 2...3 раза выше, чем при полном контакте.

Для учета влияния в реальной конструкции ленточного тормоза гусеничного транспортера наличия шлиц на ободе и отверстий в диске барабана, а также неравномерности распределения удельной нагрузки по окружности обода разработана конечноэлементная модель тормозного барабана и проведены расчеты методом конечных элементов.

Конечноэлементная модель барабана представлена 260 пластинчатыми четырехугольными элементами. Цилиндрическая часть барабана аппроксимирована многогранником, состоящим из прямоугольных пластин, жестко сочленяющихся в узлах. Шлицы на ободе учитываются заданием определенной толщины элементов. В модели учтены отверстия в диске. Жесткость крепления диска барабана к ступице воспроизводится 20 опорами в узлах. Распределенная нагрузка на обод барабана со стороны тормозных лент эквивалентно

задана на модели сосредоточенными узловыми нагрузками в соответствии с эпюрой распределения давлений по окружности. Тепловая нагрузка, симметричная относительно оси вращения барабана, задается величинами температур элементов в соответствии с зависимостью (5). По ширине обода узловые нагрузки, также как и температуры элементов, могут задаваться равными и неравными по величине, например, для полного и неполного контакта поверхностей трения барабана и лент по ширине.

Проверка адекватности конечно-элементной модели барабана из 260 элементов расчетной схемы, состоящей из цилиндрических оболочек и диска, показала, что расчетные значения температурных радиальных деформаций обода барабана, полученные по разработанной методике и методом конечных элементов, отличаются на 3%.

Проведены расчеты барабана тормоза гусеничного транспорта ГАЗ, которые показали: совместное влияние шлиц на обode и отверстий в диске барабана на величины радиальных температурных деформаций обода составляет 5%, а на отклонение профиля продольного сечения Δ_{max} — 10%; при неравномерном распределении по окружности радиальной нагрузки деформации обода в различных продольных сечениях отличаются в несколько раз.

Сделан вывод о том, что для выбора основных конструктивных размеров барабана целесообразно использовать методику, разработанную на основе теории цилиндрических оболочек, так как она позволяет оперативно получать результаты, а для комплексного изучения деформаций барабанов сложных геометрических форм и несимметричных схем нагружения необходимо использовать метод конечных элементов.

В четвертой главе проведены исследования путей повышения долговечности ленточных тормозов гусеничных транспортеров.

На основе экспериментальных данных теплового и механического нагружения тормоза и результатов стендовых натурных испытаний выбран асбестовый материал 43-612-67, имеющий хорошие фрикционно-износные свойства в рабочем диапазоне температур ленточных тормозов гусеничных транспортеров ГАЗ.

Изложены результаты расчетно-теоретических исследований влияния установочного зазора между лентой и барабаном, коэффициента взаимного перекрытия и скорости осевого потока воздуха, подаваемого в зазор, на установившийся температурный режим лен-

точного тормоза гусеничного транспортера. Даны рекомендации по снижению установившихся температур, предложена конструкция вентилятора с направляющим кожухом.

Исследованы возможности улучшения макроконтактирования поверхностей пары трения ленточного тормоза гусеничного транспортера за счет увеличения толщины обода и разделения тормозной ленты по ширине. Для оценки полноты макроконтакта поверхностей трения в продольном сечении принято наибольшее значение зазора между этими поверхностями δ_{max} .

Проведенные расчеты показали, что для установившегося теплового режима тормоза при движении машины ГАЗ-71 по грунтовым дорогам Δt_{max} составляет перед очередным торможением 0,1...0,16 мм (в 2...3 раза выше допускаемого по ГОСТ 24643-81), величина наибольшего зазора δ_{max} составляет при неразделенной по ширине ленте 0,07...0,12 мм, а при разделении ленты на две параллельные δ_{max} снижается в 1,5...3 раза.

Проведенные стендовые и дорожные испытания тормоза с накладками из асбестоляного материала подтвердили, что наиболее рациональным является разделение тормозной ленты на две параллельные самостоятельно нагружаемые. При этом за счет улучшения контактирования трущихся поверхностей примерно в 2,5 раза снижается интенсивность изнашивания фрикционных накладок и в несколько раз уменьшаются остаточные деформации обода барабана.

Изложена методика определения долговечности накладок тормозных лент на основе получения износных характеристик накладок в натурном узле трения и с использованием параметров теплового и механического нагружения тормоза, полученных в эксплуатационных условиях. За определяющий параметр принята температура накладок, замеренная на расстоянии $1^{+0,5}$ мм от поверхности трения. При составлении программ стендовых износных испытаний для каждого выбранного диапазона температур накладок задается весь спектр эксплуатационных скоростей скольжения и удельных давлений. Дана формула для расчетов долговечности накладок тормозных лент.

$$L = [h] / \left[W_t \int_{v_{min}}^{v_{max}} I_n(v) f(v) dv \right], \quad (6)$$

где L — долговечность накладок в км пробега машины; $[h]$ — допустимый износ накладок; W_T — работа трения в тормозе на I км пробега машины; $\vartheta_{\min}$ и $\vartheta_{\max}$ — нижнее и верхнее значения температур накладок, встречающиеся в эксплуатации; $I_h(\vartheta)$ — зависимость интенсивности изнашивания фрикционных накладок от температуры, полученная при стендовых износных испытаниях; $f(\vartheta)$ — плотность распределения температур накладок, полученная при дорожных испытаниях.

Расчетные значения долговечности накладок удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

Произведена расчетная оценка повышения долговечности накладок тормозных лент из материала ЛАТ-2 за счет установки в серийном тормозе встроенного центробежного вентилятора с направляющим кожухом и оценка долговечности накладок из асбосмоляного материала 43-612-67.

• Пятая глава посвящена экспериментальным исследованиям тормозов механизмов поворота гусеничных транспортеров.

Дается описание измерительной и регистрирующей аппаратуры, изложена методика проведения испытаний и методика обработки экспериментальных данных при определении параметров теплового и механического нагружения тормозов механизмов поворота гусеничных транспортеров. Приводятся плотности распределений тормозных моментов $f(M)$, угловых скоростей тормозного барабана $f(\omega)$, времени одного торможения $f(t_r)$, времени одного интервала между торможениями $f(t_{охл})$ и температуры накладок $f(\vartheta)$, полученных при движении машины ГАЗ-71 по грунтовым и песчаным дорогам и бездорожью.

$$f(M) = 4,14 M^{0,09} \exp \left[- \frac{M^{1,09}}{0,263} \right] \quad (7)$$

$$f(\omega) = 0,0138 \exp \left[- \frac{(\omega - 100)^2}{1670} \right] \quad (8)$$

$$f(t_r) = 0,37 t_r^{1,02} \exp \left[- \frac{t_r^{2,02}}{5,46} \right] \quad (9)$$

$$f(t_{охл}) = 15 t_{охл}^{0,07} \exp \left[- \frac{t_{охл}^{1,07}}{6,95} \right] \quad (10)$$

$$f(\vartheta) = 0,016 \exp \left[- \frac{(\vartheta - 100)^2}{1250} \right] \quad (II)$$

Дается описание стенда (рис. 2), имитирующего режим работы тормоза механизма поворота гусеничного транспорта.

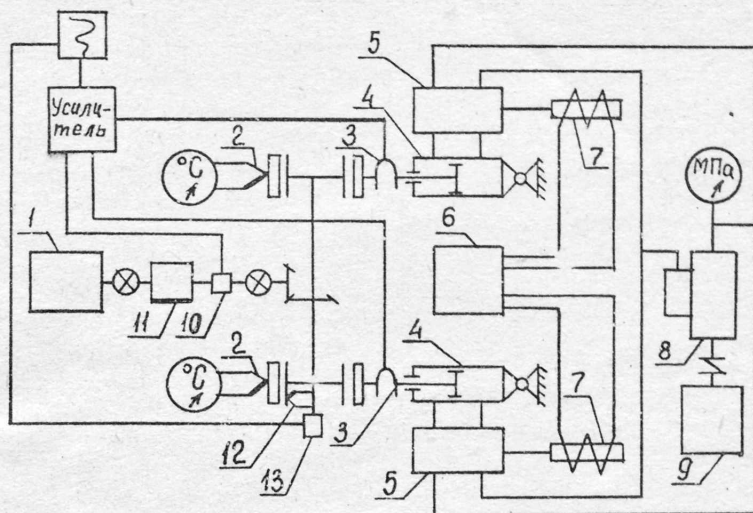


Рис. 2. Схема тормозного стенда

1 и 9 электродвигатели; 2 и 12 — термомпары; 3 — тензосметрические скобы; 4 — гидроцилиндры; 5 — золотники управления; 6 — блок управления приводом тормозов; 7 — втягивающие электромагниты; 8 — гидронасос; 10 и 13 — токосъемники; 11 — коробка передач

Изложены методики и результаты стендовых испытаний работоспособности и эффективности тормоза с накладками тормозных лент из материалов ЛАТ-2 и 43-612-67.

Рассмотрена методика составления программ стендовых испытаний для получения износных характеристик фрикционных накладок, которая позволяет наиболее полно задать на стенде эксплуатационные режимы работы тормозов механизмов поворота гусеничных транспортеров и прогнозировать их долговечность. Приведены

данные по интенсивности изнашивания накладок из двух материалов для двух температурных режимов.

По результатам полного факторного эксперимента плана 2^3 , проведенного на тормозном стенде, дается оценка влияния окружающей скорости барабана, наличия крыльчаток-вентиляторов охлаждения и величины установочного зазора пары трения на коэффициент внешней теплоотдачи барабана ленточного тормоза гусеничного транспортера и приводится уравнение регрессии для его расчета.

Дается сравнение результатов расчета установившихся объемных температур элементов ленточного тормоза гусеничного транспортера ГАЗ-71, полученных по разработанной методике теплового расчета, с результатами стендовых испытаний. Расхождение расчетных значений установившихся объемных температур с экспериментальными составляют 10...15%.

Изложены методики и результаты стендовых и дорожных испытаний экспериментальных тормозов гусеничных транспортеров ГАЗ. Испытания экспериментального тормоза с встроенным центробежным вентилятором и направляющим кожухом в сравнении с серийным показал, что установка вентилятора с кожухом снижает температуру барабана на 20...22%, а фрикционных накладок на 25...30%, и повышает долговечность накладок из материала ЛАТ-2 не менее, чем в 1,5 раза.

Проведенные стендовые испытания и испытания на грунтовых дорогах и на затяжных спусках экспериментального тормоза с двумя параллельными лентами и накладками из материала 43-612-67 показали следующее: при разделении тормозных лент на две параллельные улучшаются условия контактирования пары трения и повышается ее долговечность; накладки экспериментального тормоза имеют по сравнению с накладками серийного тормоза не менее, чем в 2 раза большую долговечность.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Проведены комплексные исследования ленточных тормозов механизмов поворота гусеничных транспортеров с целью повышения их надежности и долговечности.

2. Определены параметры теплового и механического нагружения тормозов гусеничных транспортеров ГАЗ.

3. Разработаны тормозной стенд и методики стендовых испытаний, позволяющие имитировать эксплуатационные режимы работы тормозов механизмов поворота гусеничных транспортеров.

4. Для ленточных тормозов гусеничных транспортеров разработаны методики теплового расчета, расчета деформаций и напряжений в ободе барабана, определения долговечности фрикционных накладок, позволяющие на стадии проектирования выбрать основные конструктивные параметры узла.

5. Проведены исследования влияния на установившиеся температуры элементов ленточного тормоза гусеничного транспортера зазора между лентой и барабаном, коэффициента взаимного перекрытия и принудительного воздушного охлаждения. Установлено, что наиболее эффективным способом снижения установившихся температур элементов трения исследуемого тормоза является организованная подача воздуха в зазор между лентой и барабаном в осевом направлении.

6. Исследовано влияние режима работы и конструкции ленточного тормоза на отклонение формы барабана в продольном сечении и на макроконтрактирование поверхностей пары трения. Установлено, что для исследуемого тормоза с фрикционными накладками из асбополимерного материала наиболее эффективным способом улучшения контактирования поверхностей трения и повышения долговечности рабочих элементов является разделение ленты по ширине на две параллельные, самостоятельно нагружаемые.

7. По результатам проведенных расчетно-теоретических и экспериментальных исследований определены пути повышения долговечности ленточных тормозов гусеничных транспортеров за счет снижения установившихся температур элементов трения, применения теплостойкого асбополимерного материала и улучшения контактирования поверхностей трения.

8. Разработана и прошла испытания конструкция тормоза с вентилятором и направляющим кожухом, обеспечивающая повышение долговечности фрикционных накладок из материала ЛАТ-2 в 1,5 раза.

9. Разработана и прошла испытания конструкция тормоза с разделенными по ширине лентами и накладками из асбополимерного материала 43-612-67, имеющая в сравнении с серийным тормозом в два раза большую долговечность накладок тормозных лент. Указанная конструкция рекомендована к постановке на производство на Горьковском автозаводе.

10. Результаты выполненной работы в виде методик расчетов, методик испытаний и экспериментальных образцов внедрены на

Горьковском автомобильном заводе, в отраслевой научно-исследовательской лаборатории вездеходных машин, а также в учебный процесс на кафедре "Автомобили и тракторы" Горьковского политехнического института.

Основные положения диссертации отражены в следующих работах:

1. Стендовые испытания тормоза механизма поворота гусеничной машины /А.М.Грошев, С.В.Рукавишников, И.Н.Успенский и др.- Экспресс-информация. Конструкции автомобилей /НИИавтопром, 1982, № 10, с. 21-24.

2. Грошев А.М. Экспериментальные последования тормоза механизма поворота гусеничной машины. - Горький, 1982. - Рукопись представлена Горьк.политех.ин-том. Деп.в НИИавтопром 30 июн. 1982, № 756 ап - Д82.

3. Грошев А.М. Исследование тормоза механизма поворота гусеничной машины. - Тезисы докладов научной конференции молодых ученых Волго-Вятского региона. Горький, 1983, с. 139-140.

4. Грошев А.М., Ершов В.И., Вередавин Ю.А. Определение долговечности фрикционных накладок тормозов транспортных машин. - Тез.докл. и сообщ.: Повышение эффективности проектирования и испытания автомобилей. /Научно-техн.конф.,горький, 1984, с. 5.

5. Грошев А.М., Ермаков В.А., Шатилов В.В. Исследование влияния конструкции ленточного тормоза на характер термо-механического нагружения обода тормозного барабана. - Тез.докл. и сообщ.: Повышение эффективности проектирования и испытания автомобилей. /Научно-техн.конф., Горький, 1984, с.7.

6. Грошев А.М., Барахтанов Л.В., Успенский И.Н. Расчет установившейся температуры элементов тормоза при повторно-кратковременном режиме. - Известия ВУЗов. Машиностроение, 1985, № 3, с. 93-97.

7. Результаты расчета тормозного барабана транспортной машины на ЕС ЭВМ. Л.В.Барахтанов, Ю.В.Глявин, А.М.Грошев и др.- Тез.докл.: Совершенствование расчетных и экспериментальных методов исследования физических процессов. / Конференция, Николаев, 1985, с. 48.

