

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ

на правах рукописи

Пастернак Надежда Викторовна

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ
СОСТОЯНИЕ РАДИАЛЬНЫХ
КРУПНОГАБАРИТНЫХ
ШИН ДЛЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Специальность 05.02.09 - "Динамика, прочность
машин, приборов и аппаратуры"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск - 1996

Диссертация является рукописью

Работа выполнена в Государственном научно-исследовательском институте крупногабаритных шин.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:

доктор технических наук

КВАША Эдуард Николаевич

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

доктор технических наук,
профессор

ДЫРДА Виталий Илларионович

кандидат технических наук

СЕРДЮК Андрей Александрович

ВЕДУЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

Новокриворожский горнообогатительный комбинат (г.Кривой Рог)

Защита диссертации состоится "9" октбря в 14⁰⁰ час.
на заседании специализированного совета Д 03.06.04
в Государственной горной академии Украины (320027, г. Днепропетровск, просп. К.Маркса, 19)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Государственной горной академии Украины

Автореферат разослан "4" сент: 1996г.

Ученый секретарь
специализированного совета
доктор технических наук



СИМАНОВИЧ Г.А.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00759965 (+)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Шинная промышленность Украины обеспечивает производство шин не только для грузовых и пассажирских перевозок, но и для горнодобывающей промышленности, где необходимы крупногабаритные (КГШ) и сверхкрупногабаритные (СКГШ) шины.

Повышение технического уровня горнодобывающей промышленности существенно зависит от увеличения грузоподъемности и единичной мощности карьерного транспорта.

В общей стоимости эксплуатационных расходов шины для карьерных автосамосвалов составляют до 40%. Снижение этой стоимости существенно зависит от увеличения ресурса шин.

Актуальность представленной работы обусловлена возможностью на стадии проектирования повышения эксплуатационных качеств шины при максимальном использовании внутренних резервов шины и улучшения ее конструкции. Для этого необходимо уже на стадии проектирования знать зависимость эксплуатационных показателей от изменения тех или иных конструктивных параметров шины. Это возможно при анализе расчетных характеристик напряженно-деформированного и теплового состояния шины с помощью предложенной в диссертационной работе математической модели.

Исследования выполнены в соответствии с тематическим планом МП Украины "Создание новых перспективных крупногабаритных шин для автосамосвалов и внедорожной техники" по х/д № 847/10 от 25.01.95г., а также по х/д № Д-3-92 от 1.08.93г., по которым соискатель являлся исполнителем.

Идея работы состоит в доказательстве возможности использования новой математической модели для прогнозирования эксплуатационных показателей радиальной крупногабаритной шины на стадии проектирования.

Цель работы. Увеличение эксплуатационной производительности и ресурса радиальных крупногабаритных шин для улучшения качества и снижение стоимости их эксплуатации.

Методы исследований. Поставленная цель достигнута на основе применения комплексного подхода, включающего: аналитические исследования с использованием методов механики анизотропного тела; программирование на ПЭВМ; экспериментальные лабораторные и стендовые испытания.

Научные положения, защищаемые в диссертации.

- поля напряжений на границах протектор-брекер, каркас-брекер получают более равномерное распределение при повышении модуля упругости армирующих материалов, что позволяет увеличить производительность шины на 30%;

- регламентация режимов эксплуатации шины при качении позволяет увеличить ресурс шин в 1.5 раза.

- равномерное распределение контактных давлений реализуется при достижении рациональных значений компонент тензора упругой жесткости композиционного материала шины, что приводит к повышению производительности шин.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается используемыми и апробированными гипотезами и уравнениями теории анизотропных оболочек. Погрешность результатов лабораторных исследований резинокордных материалов не превышает 3%, а стендовых испытаний шин - 10% ,при погрешности 0.95%.

Научная новизна.

- впервые решена контактная задача для расчета напряженно-деформированного состояния радиальных крупногабаритных шин, которая позволила определить их новые расчетные характеристики, определяющих производительность шины на стадии проектирования;

- решена задача термоупругости для новых конструкций крупногабаритных шин с определением тепловых полей; определены основные расчетные характеристики термонапряженного состояния радиальных крупногабаритных шин на основе новой математической модели с учетом обжатия слоев, жесткости массивных грунтозацепов, разномодульности резинокордного материала;

- определены экспериментальные данные по вязкоупругим характеристикам новых синтетических высокомодульных кордов при нормальной и повышенной температуре.

Научное значение работы состоит в установлении зависимостей влияния конструктивных параметров шины на термонапряженное состояние и эксплуатационную производительность радиальных крупногабаритных шин на стадии проектирования.

Практическое значение работы заключается в разработке и внедрении методики определения оптимальных и экономичных конструкций радиальных крупногабаритных шин на стадии проектирования.

Реализация результатов работы Методика для определения эксплуатационной производительности шин на стадии проектирования и все разработки и результаты диссертации внедрены в ГосНИИ КГШ (г.Днепропетровск). Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на научно-технической конференции посвященной 60-летию Воронежского инженерно-строительного института (Воронеж, 1991г.), на областной научно-технической конференции студентов и молодых ученых "Химия, химическая технология, химическое машиностроение" (Днепропетровск, 1991г.), на четвертом всесоюзном симпозиуме "Проблемы шин и резинокордных композитов. Экология и ресурсосбережение" (Москва, 1992г.), на Первом Международном симпозиуме по эластомерам

(Севастополь, 1994г.), на Международной конференции по каучуку и резине IRC'94. (Москва, 1994г.), на 6 симпозиуме "Проблемы шин и резинокордных композитов. Математические методы в механике, конструировании и технологии" (НИИШП. Москва, 1995г.), на Международной конференции "Конструирование транспортных систем" (Варшава, 1995г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и содержит 146 страниц машинописного текста, 32 рисунка, 48 таблиц, списка использованной литературы из 97 наименований и 1 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Пневматическая шина достаточно сложный объект при проектировании. Для решения этой задачи необходима математическая модель, которая учитывает совокупность всех конструктивных свойств шины и разнообразие режимов нагружения.

Существующие математические модели Бидермана В.Л., Бухина Б.Л., Мухина О.Н., Фотинич О.В., Николаева И.К. в большей или меньшей мере описывают напряженно-деформированное состояние шин, но не удовлетворяют современных конструкторов крупногабаритных шин тем, что не позволяют достаточно полно исследовать поведение шины в дорожных условиях.

Достаточно полно рассмотреть поведение шины при несимметричном нагружении возможно при расчете шины как трехмерного тела. Используемый при этом метод конечных элементов сопряжен с достаточно большими затратами времени счета на ЭВМ.

Математические модели для расчета крупногабаритных шин Прусакова А.П., Кваши Э.Н., Плеханова А.В. позволили определить напряженно-деформированное и тепловое состояние диагональных шин. В данной диссертационной работе проведены исследования напряженно-деформированного и теплового состояния радиальных крупногабаритных шин для карьерных автомобилей.

Для решения этой проблемы в диссертационной работе предложена модернизированная модель пневматической шины как слоистой тороидальной анизотропной оболочки, которая создана на основе разработанной ранее модели Кваши Э.Н. .

Эта модель позволяет определить основные расчетные характеристики напряженно-деформированного и теплового состояния радиальной крупногабаритной шины и оценить эксплуатационные показатели шины на стадии проектирования.

На рисунке 1 показана расчетная схема взаимодействия шины с дорожным покрытием при нагружении внутренним давлением и

радиальной нагрузкой. Радиальная шина моделируется слоистой анизотропной моментной тороидальной оболочкой.

Выберем произвольную точку A на срединной поверхности и проведем через нее нормаль к поверхности (точка C). В результате деформации шины под нагрузкой точка C занимает положение C_1 . Точка B протектора может занимать три позиции: 1) точка B_1 - проскальзывание отсутствует, боковая сила равна нулю; 2) точка B_2 - трение отсутствует, боковая сила равна нулю; 3) точка B_3 - проскальзывание отсутствует, боковая сила не равна нулю. В первом случае в пятне контакта имеются самоуравновешенные касательные напряжения, величина которых определяется углом γ_2^* . Во втором случае в пятне контакта есть только нормальные контактные давления, что соответствует обжатию шины на идеально гладкую поверхность. В третьем случае на шину действует совместно с радиальной и боковая сила, которая вызывает угол сдвига γ_2 .

Положение точки C_1 можно определить, используя гипотезы теории анизотропных оболочек для перемещений каркаса и брекера. При решении контактной задачи величину радиальной, боковой и тормозной нагрузок увеличиваем от нуля до заданной обычно за 3-4 этапа. Это позволяет построить нагрузочную характеристику для шины, которая обычно является нелинейной.

На рис.1 точки B и C_1 соединены прямыми линиями, что равносильно принятию самых простых гипотез для протектора, а именно: гипотезы упругого основания типа Винклера. В соответствии с этими гипотезами протектор работает только на сжатие и сдвиг, как набор не связанных друг с другом пружин. В этом случае деформации протектора запишутся так:

$$\varepsilon_n = (u_1 \cos \alpha + u_2 \cos \beta - h_n - W_k) / h_n; \quad W_k = BC; \quad u_{2n} = B_1 B_3; \quad (1)$$

$$\gamma_1 = (u_{1n} - u_1 \cos \alpha + u_3 \sin \alpha) / h_n; \quad \gamma_2 = (u_{2n} - u_2 \cos \beta + u_3 \sin \beta) / h_n,$$

где u_1, u_2, u_3 - перемещения наружной поверхности брекера; α, β - углы наклона касательных в окружном и меридиональном направлениях; W_k - расстояние от поверхности обжатия до наружной поверхности каркаса или брекера. При этом должны выполняться условия

$$P_1 = \int_{F_c} G_n \gamma_1 dF_c; \quad P_2 = \int_{F_c} G_n \gamma_2 dF_c; \quad P_3 = \int_{F_c} E_n \varepsilon_n dF_c, \quad \varepsilon_n < 0,$$

$$M_1 = \int_{F_c} E_n \varepsilon_n x_1 dF_c; \quad M_2 = \int_{F_c} E_n \varepsilon_n x_2 dF_c; \quad M_{12} = \int_{F_c} (G_n \gamma_1 x_2 + G_n \gamma_2 x_1) dF_c, \quad (2)$$

здесь F_c - площадь пятна контакта; ε_n - деформации протектора; E_n, G_n - модули упругости и сдвига. Совокупность шести силовых условий (2) образуют шестикомпонентное нагружение в

контактной зоне, что позволяет моделировать все возможные эксплуатационные нагрузки: радиальную, боковую, тормозную нагрузки и моментные силовые факторы, возникающие при качении шины с заданным развалом-схождением колес.

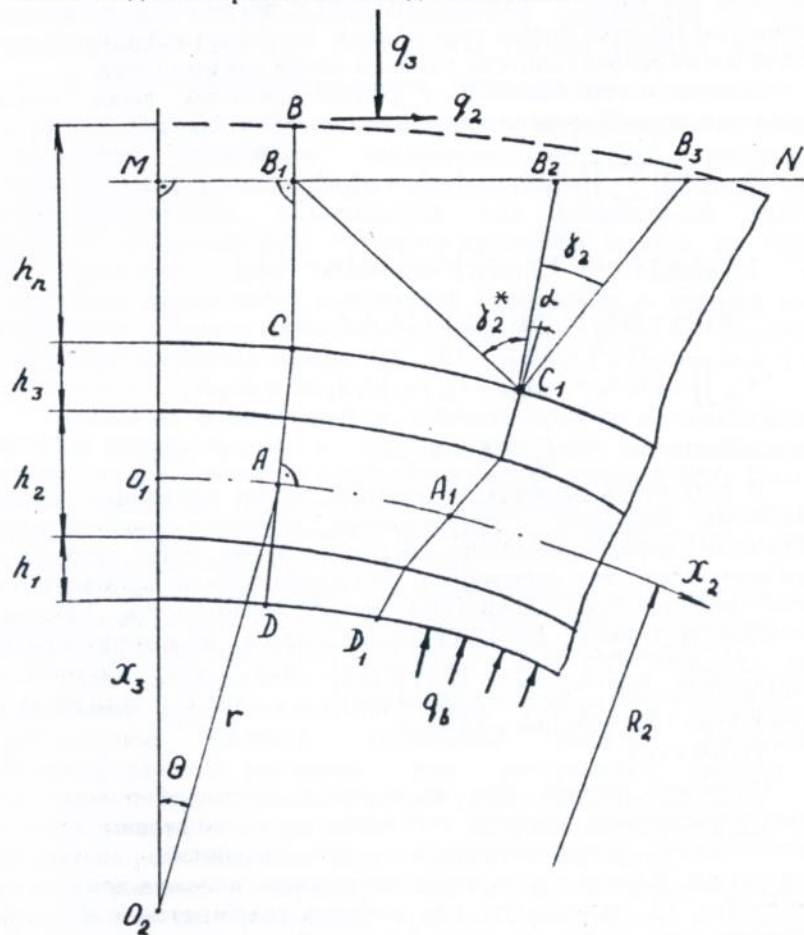


Рис. 1. Расчетная схема контакта шины с поверхностью дороги.

Энергия деформации протектора будет вычисляться по формуле:

$$\mathcal{E}_N = \frac{1}{2} \int_{F_c} h_n [E_n \varepsilon_n^2 + G_n (\gamma_1^2 + \gamma_2^2)] dF_c, \quad (3)$$

где h_n - высота протектора.

Анализ современных математических моделей пневматических шин показал, что в конструкции шины можно выделить три основных

группы слоев. Для радиальных шин такими группами являются: 1) слои каркаса; 2) слои брекера; 3) слой резины между каркасом и брекером. В соответствии с этим вполне естественной математической моделью для расчета радиальных шин с приемлимой инженерной точностью является модель трехслойной тороидальной анизотропной оболочки на основе гипотезы ломаной линии для всех слоев.

Для слоистой оболочки с учетом принятых выше гипотез выражение полной энергии запишется так:

$$\begin{aligned} \Theta = & \frac{1}{2} \iint_{F_k} \left[\sum_{k=1}^m \int_{h^k} (\sigma_{11}^k \varepsilon_{11}^k + \sigma_{22}^k \varepsilon_{22}^k + \sigma_{33}^k \varepsilon_{33}^k + \right. \\ & \left. + \sigma_{12}^k \varepsilon_{12}^k + \sigma_{13}^k \varepsilon_{13}^k + \sigma_{23}^k \varepsilon_{23}^k) dx_3 - 2q_1(u_1 + h_2 \lambda_1) - \right. \\ & \left. - 2q_2(u_2 + h_1 \lambda_2) - 2(q_3 - q_0)u_3 \right] A_1 A_2 dx_1 dx_2 + \\ & + \frac{1}{2} \iint_{F_c} h_n (\sigma_n \varepsilon_n + \tau_{1n} \gamma_{1n} + \tau_{2n} \gamma_{2n}) A_1 A_2 \cos \alpha dx_1 dx_2. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь обозначено $F_k = A_1 A_2 dx_1 dx_2$, $F_c = F_k \cos \alpha$.

В результате решения контактной задачи численным методом локальных вариаций определяются основные характеристики напряженно-деформированного состояния шины, после чего можно определить тепловое состояние и эксплуатационную производительность шины. Этот показатель имеет размерность мощности (размерность т км/ч). Если радиальная нагрузка измеряется в тоннах (Q_c), скорость (V_c) - в километрах, что для обозначения эксплуатационной производительности часто употребляется аббревиатура ТКВЧ (тонна км в час):

$$\text{ТКВЧ} = Q_c V_c. \quad (5)$$

Основной задачей при эксплуатации крупногабаритных шин является построение режимов эксплуатации, позволяющих получить максимальную производительность при заданной допускаемой температуре. В связи с этим необходимо иметь значения допускаемых температур, т.е. температур, при которых сохраняется необходимая прочность связи между элементами шины. Для резины эта температура равна 110°C.

В общем случае температурные поля шины являются трехмерными и нестационарными.

Если пренебречь производной деформации по времени в уравнении теплопроводности, то получим несвязанную динамическую задачу термоупругости анизотропного неоднородного тела:

$$\begin{aligned} \sigma_{ij,j} &= \rho \left(\partial^2 U_i / \partial t^2 \right) - X_i; \quad \sigma_{ij} = d_{ijkl} \varepsilon_{kl} - \beta_{ij} \theta; \\ e_{ij} &= 1/2 (u_{i,j} + u_{j,i} + u_{k,j} u_{k,i}); \end{aligned} \quad (6)$$

$$C_{,i}(\partial / \partial \tau) = \lambda_{,j} T_{,j} + \lambda_{,j,k} T_{,j} + q; \quad (i, j, k, l = 1, 2, 3)$$

где θ - приращение температуры; T - температура; α_{kl} , β_{ij} - температурные коэффициенты линейного расширения и сдвига анизотропного тела; d_{ijkl} - компоненты тензора упругой жесткости тела; λ , c , ρ - теплопроводность, теплоемкость и удельный вес материала. Первые три уравнения системы (6) формально не связаны с четвертым уравнением теплопроводности. Они описывают напряженно-деформированное состояние анизотропного неоднородного тела, находящегося под воздействием силовых нагрузок и температуры. Четвертое уравнение зависит от первых трех через внутренние источники тепла q . Мощность этих источников определяется амплитудой деформации и формой цикла нагружения шины за один оборот. Для шинных резин эти параметры определены в работах Присса Л.С., Шумской А.Г., Никитиной Л.Б. и Ищенко В.А.

Одним из направлений в решении проблем металлодефицита является использование в конструкциях шин альтернативных кордов из синтетических высокомодульных волокон (СВМ). Поэтому были проведены теоретические и экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния крупногабаритных шин с использованием кордов на основе СВМ.

В работе представлены результаты теоретических исследований термонапряженного состояния радиальных крупногабаритных шин разных типоразмеров (33.00P51, 21.00P33, 18.00P25 и 36/90P51).

Здесь представлены результаты исследований перспективной радиальной крупногабаритной шины 33.00P51 в сравнении с диагональной 33.00-51. Проведены расчеты напряженно-деформированного состояния при внутреннем давлении и радиальной нагрузке равной нагрузке груженого автосамосвала.

Результаты расчетов напряженно-деформированного состояния представленных шин показаны в таблице 1.

Полученные характеристики напряженно-деформированного состояния этих шин позволяют сравнить преимущества и недостатки радиальной по сравнению с диагональной шиной. Касательные напряжения радиальной шины больше, чем в диагональной в среднем на 35-40%, но напряжение в резине подканавки ниже: в окружном направлении на 23%, а в меридиональном - на 40%. Увеличение прогиба радиальной шины привело к увеличению площади контакта шины с дорожным покрытием (рис.2), что, не смотря на несколько завышенные значения контактных давлений в некоторых точках соприкосновения шины, снизило среднее контактное давление шины на 16%.

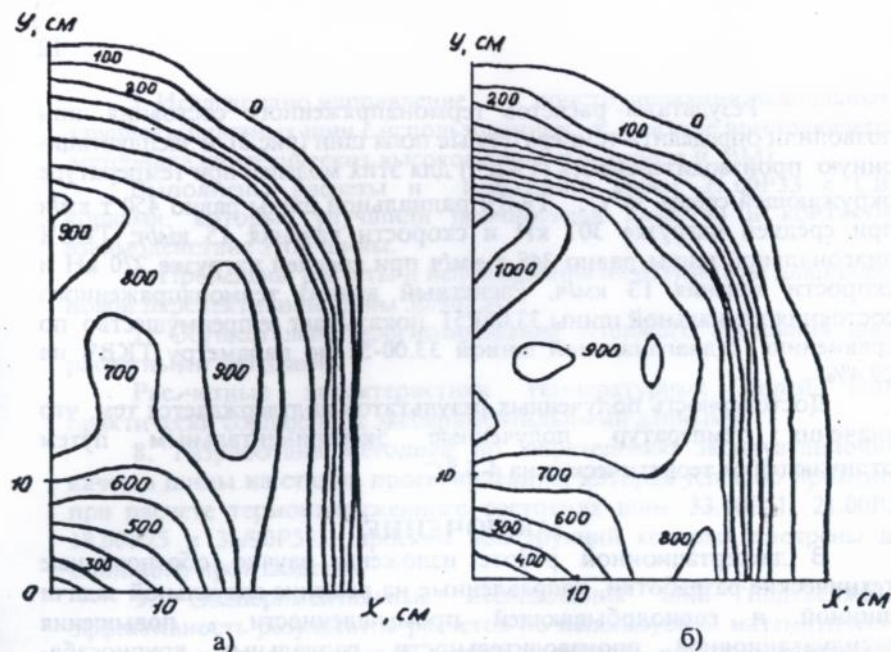
Таблица 1

Расчетные характеристики шин 33.00P51 и 33.00-51

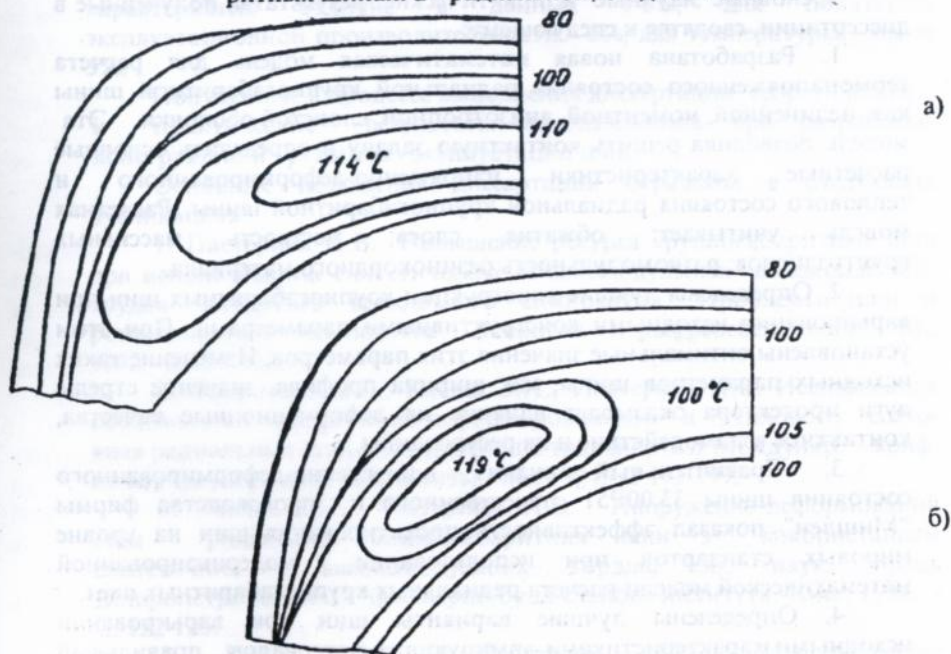
Усили и деформации	33.00P51	33.00-51
Усилия в нитях корда, Н:		
каркаса: по короне	1403	18.9
по стенке	2172	15.7
брекера	1938	
Касательные напряжения в каркасе, кПа:		
окружное направление	270	207
меридиональное направление	498	342
Напряжения в резине подканавки, кПа:		
окружное направление	82	102
меридиональное направление	118	165
Деформации шины по беговой зоне, %:		
окружное направление	0.71	2.54
меридиональное направление	1.03	4.43
Контактные давления, кПа:		
центр	307	468
окружное направление	1111	654
меридиональное направление	848	732
Радиальный прогиб, мм:		
по короне	155.1	104.5
по стенке	79	25
Среднее контактное давление, кПа	651	753
Радиальная нагрузка, кН	400	325

Полученные экспериментальные исследования по определению контактных напряжений шины 33.00P51 позволили провести сравнительный анализ этих характеристик с теоретическими значениями, которые дают расхождение порядка 25% по центру беговой дорожки и совпадают в угловой зоне.

Анализ результатов показывает, что шина 33.00P51 имеет более равномерное распределение контактных напряжений вдоль оси грунтозацепа, хотя и в этом случае наблюдается некоторая неравномерность (изменения значений контактных напряжений от 1.35 МПа до 0.6 МПа при внутреннем давлении 0.5 МПа и нагрузке 500 кН). Максимальные значения контактных напряжений приходятся на границы контактной зоны. В целом уровень контактных напряжений для обследованных металлокордных шин ниже, чем для диагональных шин этого размера. Так же следует заметить, что повышение давления от 0.5 до 0.6 МПа приводит к росту контактных напряжений в центре пятна контакта. При этом значения контактных давлений на границе практически не изменяются. Сравнение теоретических и экспериментальных значений нагрузочных характеристик даст отличие в среднем 3%.



а) б)
 Рис. 2. Распределение контактных давлений в крупногабаритных шинах: а - радиальной, б - диагональной.



а) б)
 Рис. 3. Температурные поля крупногабаритных шин: а - радиальной, б - диагональной.

Результаты расчетов термонапряженного состояния шин позволили определить температурные поля шин (рис.3) и эксплуатационную производительность (ТКВЧ) для этих моделей при температуре окружающей среды 38°C : ТКВЧ радиальной шины равно 450 т км/ч при средней нагрузке 307 кН и скорости качения 15 км/ч; ТКВЧ диагональной шины равно 348 т км/ч при средней нагрузке 270 кН и скорости качения 13 км/ч. Расчетный анализ термонапряженного состояния радиальной шины 33.00P51 показывает ее преимущество по сравнению с диагональной шиной 33.00-51 по параметру ТКВЧ на 29,4%.

Достоверность полученных результатов подтверждается тем, что значения температур полученные экспериментальным путем отличаются от теоретических на $4-5^{\circ}\text{C}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе изложены научно обоснованные технические разработки, направленные на решение актуальной задачи шинной и горнодобывающей промышленности - повышения эксплуатационной производительности радиальных крупногабаритных шин для карьерных автомобилей.

Основные научные и практические результаты, полученные в диссертации, сводятся к следующему:

1. Разработана новая математическая модель для расчета термонапряженного состояния радиальной крупногабаритной шины как нелинейной, моментной, анизотропной, слоистой оболочки. Эта модель позволила решить контактную задачу и определить основные расчетные характеристики напряженно-деформированного и теплового состояния радиальной крупногабаритной шины. Расчетная модель учитывает: обжатие слоев; жесткость массивных грунтозацепов; разномодульность резинокордного материала.

2. Определены лучшие конструкции крупногабаритных шин при варьировании исходными конструктивными параметрами. При этом установлены оптимальные значения этих параметров. Изменение таких исходных параметров шины, как ширина профиля, значение стрелы дуги протектора оказывает влияние на деформационные качества, контактное взаимодействие и на ресурс шины.

3. Сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния шины 33.00P51 отечественного и производства фирмы "Мишлен" показал эффективность проектирования шин на уровне мировых стандартов при использовании модернизированной математической модели расчета радиальных крупногабаритных шин.

4. Определены лучшие варианты шин при варьировании исходными характеристиками армирующих материалов, правильный выбор которых в значительной мере определяет прочность, контактное взаимодействие, тормозные качества и производительность шины.

5. Исследовано направление в конструировании радиальных крупногабаритных шин с использованием в качестве армирующего материала синтетических высокомолекулярных кордов (СВМ).

Выполнены расчеты и испытания шины 21.00P33 с СВМ кордами, которые улучшили прочностные качества и контактное взаимодействие этой шины.

6. Проведены расчеты и использованы их результаты для проекта новой перспективной шины 36/90P51.

7. Осуществлено прогнозирование теплового состояния шины расчетными методами.

Расчетные характеристики температурных полей шины практически совпадают с экспериментальными данными.

8. Разработана методика по определению эксплуатационных качеств шины на стадии проектирования, которая успешно применена при расчете термонапряженного состояния шин: 33.00P51, 21.00P33, 18.00P25 и 36/90P51, проекты конструкций которых внедрены для серийного производства.

9. Экспериментальные исследования шин подтверждают эффективность результатов расчетов по используемой математической модели, т.к. сравнительный анализ расчетных и экспериментальных данных показал незначительные расхождения: для нагрузочных характеристик отличие в данных 1-3%; для показателя эксплуатационной производительности - 6%; для температуры - менее 5%.

Полученные в процессе выполнения диссертации теоретические и практические результаты использовались при разработке конструкций и режимов эксплуатации шин.

Основные положения диссертации отражены в следующих публикациях:

1. Пастернак Н.В. Повышение ресурса крупногабаритных шин при использовании синтетических высокомолекулярных волокон // Сб. трудов четвертого всесоюзного симпозиума "Проблемы шин и резинокордных композитов. Экология и ресурсосбережение". - М., 1992. - С.127-132.

2. Скорняков Э.С., Кваша Э.Н., Пастернак Н.В. Исследование особенностей напряженно-деформированного и теплового состояния радиальных шин для карьерного транспорта // Междунар. конф. по каучуку и резине. Препринты. - М.: 1994. - С.192-199.

3. Кваша Е.Н., Пастернак Н.В. Напряженно-деформированный стан радиальных великогабаритных шин с использованием синтетических высокомолекулярных кордов // Зб. наук. праць Дніпропетровського інженерно-будівельного інститута. - Київ, 1994. - С. 122-125.

4. Кваша Э.Н., Пастернак Н.В. Использование синтетических высокомолекулярных кордов для конструкций крупногабаритных радиальных шин // Сб. научн. трудов 1

Международного симпозиума по механике эластомеров. Том 1. -Днепропетровск, 1995. -С.185-189.

5. Kvasha E.N., Pasternak N.V. Stress-Strain and Thermal State of Radial Tyres Used for Mining Machinery// Scientific Conference. Transport Systems Engineering. Proceedings. Technical Transport Means. Section 4. - Warsawa, September, 1995. - P. 75-78.

6. Кваша Э.Н., Пастернак Н.В. Анализ напряженно-деформированного и теплового состояния радиальных крупногабаритных шин на стадии проектирования// Сб. научных трудов шестого симпозиума "Проблемы шин и резинотехнических композитов. Математические методы в механике, конструировании и технологии". М.,НИИШП, 1995. -С. 117-122.

7. Пастернак Н.В. Влияние угла наклона нитей корда брекера на напряженно-деформированное состояние крупногабаритных шин // Сб. научн. трудов 1 Международного симпозиума по механике эластомеров. Том 2. -Днепропетровск, 1995. -С.67-70.

Личный вклад в работы, написанные в соавторстве: модернизация математической модели для расчета радиальной шины, обработка данных полученных при испытании армирующих материалов и шин, расчет и анализ характеристик напряженно-деформированного состояния шин [1,3,4-7]; определение влияния исходных параметров и характеристик материалов на термонапряженное состояние шин [2,5,6].

Pasternak N.V. Stressed-deformation state of radial giant tyres for mining vehicles. The thesis for a compositon of a degree of the candidate of technical sciences by the speciality 05.02.09 - Dynamics, strength of machines, devices and equipment. - State Mining Academy of Ukraine. - Dniepropetrovsk.-1996.

Theoretical and experimental investigations of the stressed-deformation state of radial giant tyres for mining vehicles. 7 research works containing the results of theoretical and experimental investigations of thermo-stressed state of radial giant tyres for mining vehicles are defended. The laws of the influence of initial parameters and tyre materials' properties on stressed-deformation and thermal state of tyres have been established.

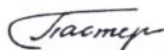
Пастернак Н.В. Напружено-деформований стан радіальних великогабаритних шин для кар'єрних автомобілей. Дисертація на пошук вченого ступеню кандідата технічних наук із спеціальності 05.02.09 - динаміка,стійкість машин, приладів та апаратури.- Державна гірнич академія України.- Дніпропетровськ.- 1996 .

Розроблена модель розрахунку напружено-деформованого стану радіальних великогабаритних шин для кар'єрних автомобілей. Встановлені закономірності впливу початкових параметрів і характеристик матеріалів шин на напружено-деформований та тепловий стан шин. 7 наукових робіт пошукача вміщують результати теоретичних та експериментальних досліджень термонапруженого стану

радіальних великогабаритних шин для кар'єрних автомобілей. Зроблені дослідження використовни у проєктах великогабаритних шин та внедрени у прізводстві.

Ключові слова: радіальні великогабаритні шини, термонапружений стан, експлуатаційна продуктивність.

Сонскатель



Пастернак Н.В.

Пастернак Надежда Викторовна
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ
СОСТОЯНИЕ РАДИАЛЬНЫХ
КРУПНОГАБАРИТНЫХ
ШИН ДЛЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

/Автореферат/

Подписано в печать 9.07.96 г. Формат 60*84/16
Бум. тип. №3. Офс. печ. Усл. печ. л. 1.0. Уч.-изд. л. 1.0.
Тираж 100 экз. Заказ № Бесплатно.

AB 35.508

... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..