

**Подригало М.А., Волков В.П., Павленко В.А.,
Бобров Я.А., Абрамов Д.А.**

Тормозные свойства и тормозные механизмы колесных тракторов



**Подригало М.А., Волков В.П., Павленко В.А.,
Бобров Я.А., Абрамов Д.А.**

Тормозные свойства и тормозные механизмы колесных тракторов

Под редакцией докт. тех. наук,
профессора Подригало М.А.

Харьков 2007

УДК 629.017
ББК 39.33 – 01

Подригало М.А., Волков В.П., Павленко В.А., Бобров Я.А., Абрамов Д.А. Тормозные свойства и тормозные механизмы колесных тракторов – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 464 с.

Выполнен анализ тормозных свойств и рассмотрены вопросы расчета и проектирования тормозных механизмов колесных тракторов.

Издание рассчитано на конструкторов тракторных заводов, научных сотрудников, аспирантов, магистров и студентов технических университетов.

Ил. 162. Табл. 62. Библиогр. назв. 116.

Виконано аналіз гальмівних властивостей і розглянуто питання розрахунку та проектування гальмівних механізмів колісних тракторів.

Видання призначено для конструкторів тракторних заводів, наукових працівників, аспірантів, магістрів і студентів технічних університетів.

Ил. 162. Табл. 62. Библиогр. назв. 116.

Рецензенты: **Александров Е.Е.**, д-р техн. наук, профессор, Национальный технический университет (ХПИ).

Лебедев А.Т., д-р техн. наук, профессор, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	9
РАЗДЕЛ 1. ПРОЦЕСС ТОРМОЖЕНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ И ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ	11
1.1. Энергетическая эффективность транспортных операций	11
1.2. Влияние эффективности торможения на показатели транспортной работы тракторных поездов	17
1.3. Оценка энергопреобразующих свойств тормозных систем тракторных поездов	20
1.4. Определение рациональных скоростей движения и грузоподъемности тракторного поезда	28
1.4.1. По критерию максимальной производительности	28
1.4.2. По критерию максимальной пропускной способности автомобильной дороги	33
1.4.3. По энергетическому критерию (потеря энергии при торможении)	35
1.5. Оценка эффективности торможения колесных тракторов и тракторных поездов	40
1.5.1. Критерии оценки эффективности торможения	40
1.5.2. Нормативы эффективности торможения колесных тракторов и тракторных поездов	50
1.6. Обеспечение требуемой эффективности торможения	58
1.6.1. Проверка на соответствие действующим стандартом	58
1.6.2. Требования к эффективности торможения при повышении транспортных скоростей движения до 40 км/ч	68

1.6.3.	Требования к тормозным системам горных колесных тракторов	72
РАЗДЕЛ 2. АНАЛИЗ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ И ОСНОВЫ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ		79
2.1.	Известные критерии оценки эффективности и направления развития конструкций тракторных тормозных механизмов	79
2.2.	Предлагаемые критерии оценки эффективности тормозных механизмов	86
2.3.	Обобщенное уравнение тормозного момента для всех типов тормозных механизмов	100
2.4.	Исследование контакта плоских фрикционных поверхностей при отсутствии смазки	104
2.4.1.	Оценка влияния показателей износа фрикционных поверхностей на динамику геометрической приработки и распределение давлений	104
2.4.2.	Выбор рационального соотношения наружного и внутреннего радиусов трения	115
2.4.3.	Повышение эффективности дискового тормоза увеличением числа самостоятельно прижимаемых колодок	120
2.4.4.	Влияние износных характеристик фрикционных материалов на распределение давлений по радиусу трения	123
2.4.5.	Определение эффективного радиуса трения дискового тормоза с учетом фактической площади контакта	135
2.5.	Методика прогнозирования долговечности фрикционных накладок тормозов на стадии проектирования	140

РАЗДЕЛ 3. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ		
ДИСКОВЫХ ТОРМОЗНЫХ		
МЕХАНИЗМОВ ОТКРЫТОГО ТИПА		156
3.1.	Разработка и анализ вариантов конструкции	156
3.2.	Исследование характеристик регулятора постоянства зазора	172
3.3.	Оценка возможности применения унифицированных пар трения в дисковых тормозах открытого типа	178
3.4.	Предварительные экспериментальные исследования дисковых тормозов открытого типа	189
3.4.1.	Исследования на стенде	190
3.4.2.	Дорожные и эксплуатационные испытания	198
3.4.3.	Анализ результатов экспериментальных исследований	207
3.5	Уменьшение неравномерности нагружения тормозных механизмов различных колес	214
РАЗДЕЛ 4. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА		
ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАЗЛИЧНЫХ		
ТИПОВ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ		
ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА СТЕНДЕ		220
4.1.	Методика лабораторных испытаний	220
4.2.	Описание лабораторной установки и контрольно-измерительной аппаратуры	223
4.3.	Планирование экспериментального исследования энергоемкости дискового тормоза открытого типа	228
4.4.	Температурные характеристики тормозных механизмов	233
4.5.	Фрикционные и износные характеристики применяемых материалов	241

РАЗДЕЛ 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ		
ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧНОСТИ		
ДИСКОВЫХ ТОРМОЗНЫХ		
МЕХАНИЗМОВ ОТКРЫТОГО ТИПА		249
5.1.	Тепловой режим тормозных механизмов при циклических торможениях	249
5.2.	Оценка распределения контактных давлений по неравномерности износа фрикционной поверхности дискового тормоза	263
5.3.	Выбор рациональных геометрических параметров пар трения дисковых тормозов	271
5.3.1.	Определение формы накладки с учетом износных свойств фрикционных материалов	272
5.3.2.	Определение формы фрикционной накладки с учетом фактической площади контакта	281
5.4.	Исследование неравномерности распределения тормозного момента между фрикционными поверхностями в многодисковом тормозе	286
РАЗДЕЛ 6. ИССЛЕДОВАНИЕ		
ЭНЕРГОНАГРУЖЕННОСТИ		
ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ В		
УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ		297
6.1.	Разработка способа оценки энергонагруженности тормозных механизмов в условиях эксплуатации	297
6.1.1.	Способ регистрации режимов торможения транспортного средства в условиях эксплуатации	297
6.1.2.	Анализ ошибки измерения энергии, поглощенной тормозными механизмами	300
6.2.	Программа-методика дорожных испытаний	302
6.3.	Приборы и оборудование для дорожных испытаний	304
6.4.	Результаты дорожных испытаний	306

РАЗДЕЛ 7. МНОГОДИСКОВЫЕ ТОРМОЗНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, РАБОТАЮЩИЕ В МАСЛЕ		312
7.1.	Применяемость различных конструкций тормозных механизмов на колесных тракторах	312
7.2.	Конструкции тормозных механизмов, работающих в масляной ванне	318
7.3.	Анализ работ, посвященных теории трения в режиме граничной смазки	323
7.4.	Фрикционные материалы и масла, применяемые в узлах трения тормозных механизмов	327
7.5.	Энергетические потери в многодисковых тормозных механизмах, работающих в масле	332
7.5.1.	Динамика процесса включения фрикционных пар	332
7.5.2.	Критерий оценки затрат энергии	343
7.5.3.	Затраты мощности при отключенном тормозном механизме, погруженном в масляную ванну	348
7.5.4.	Затраты мощности на принудительную прокачку масла	367
7.5.5.	Выбор масел с учетом необходимости снижения энергетических потерь	369
РАЗДЕЛ 8. МЕТОДИКА ВЫБОРА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРИКЦИОННЫХ ПАР МНОГОДИСКОВЫХ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ		370
8.1.	Определение весовых и мощностных параметров колесных тракторов, входящих в модельный ряд, по результатам статистического исследования	370

8.2.	Методика расчета унифицированных фрикционных пар для многодисковых тормозных механизмов колесных тракторов, входящих в модельный ряд	376
8.3.	Формирование требований к маслам, применяемым в многодисковых тормозных механизмах	399
8.4.	Типоразмерный ряд унифицированных фрикционных пар многодисковых тормозов для модельного ряда колесных тракторов	407
8.5.	Разработка конструкции экспериментального образца многодискового тормоза, работающего в масле для колесного трактора класса 0,6 Кн	411
8.6.	Экспериментальное исследование трибологических характеристик масел и многодискового тормозного механизма	418
8.6.1.	Экспериментальное исследование трибологических характеристик масел, применяемых во фрикционных механизмах	418
8.6.2.	Экспериментальное исследование многодискового тормозного механизма, охлаждаемого маслом	423
	ЛИТЕРАТУРА	453

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение мощности двигателей и максимальной скорости движения, обусловленные появлением колесных тракторов и тракторных поездов на дорогах общего пользования, должно сопровождаться совершенствованием тормозного управления.

Формирование необходимых тормозных свойств колесных тракторов и тракторных автопоездов должно осуществляться на стадии проектирования с учетом широкого спектра агрегируемых машин и орудий.

Тормозные механизмы являются наиболее важным элементом тормозного управления, поглощающим и рассеивающим выделяемую при торможении энергию. Поэтому качество, эффективность и стабильность работы тормозных механизмов являются объектом пристального внимания ученых и конструкторов, работающих в области сельскохозяйственного машиностроения. К сожалению, при сложившейся проблеме проектирования тормозного управления колесных тракторов и тракторных поездов происходит механический перенос технических решений, принятых в автомобилестроении на тормоза тракторов без учета специфики последних.

Специфика последних заключается в следующем:

- более низкой, по сравнению с автотранспортными средствами, скоростью движения;
- многоцелевом использовании этих машин, включая работу в условиях пересеченной местности и на горных склонах со значительными уклонами;
- наличии машин экспериментальной компоновки (смещенным к передней или задней осям центром масс), склонных к опрокидыванию при торможении;
- наличии раздельного управления тормозными механизмами левого и правого бортов с целью повышения маневренности тракторов;

- возможности движения машины на максимальной скорости как на прямом, так и на обратном ходу за счет реверсивной трансмиссии;
- возможности установки рабочих тормозных механизмов в трансмиссии, что ухудшает охлаждение фрикционных пар;
- перспективе включения гидравлического тормозного привода в объединенную гидросистему трактора с получением усиливающего эффекта.

Таким образом, возникла необходимость создания теоретических основ проектирования тормозных систем и тормозных механизмов колесных тракторов, отвечающих современным требованиям.

Решению указанного вопроса и посвящена настоящая работа. Насколько это удалось авторам следует судить читателям.

Подригало М.А. подготовлены подразделы 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, а также – разделы 2, 3. Волковым В.П. – подразделы 1.1, 1.3. Бобровым Я.А. – разделы 4, 5, 6. Абрамовым Д.В. – разделы 7, 8.

Авторы приносят благодарность за помощь в подготовке настоящего издания инж. Чернышеву С.А., инж. Миленину А.Н.