*Кравченко, Владимир Алексеевич. Повышение эффективности функционирования сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов на базе колёсных тракторов : диссертация ... доктора технических наук : 05.20.01 / Кравченко Владимир Алексеевич; [Место защиты: Азово-Черноморс. гос. агроинженер. акад.].- Зерноград, 2012.- 437 с.: ил. РГБ ОД, 71 13-5/421*

*МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

*ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ*

*ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ*

*УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ*

*"АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АГРОИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ"*

*В.А. Кравченко*

*ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ*

*СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ*

*АГРЕГАТОВ НА БАЗЕ КОЛЁСНЫХ ТРАКТОРОВ*

*05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства*

*Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук*

*Научный консультант - доктор технических наук*

*профессор И.Н. Краснов*

*Зерноград*

*Содержание*

*Введение 6*

*1. Состояние проблемы повышения показателей работы*

*сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов 13*

*1.1. Обзор и анализ функциональных схем*

*машинно-тракторных агрегатов 13*

*1.2. Классификация машинно-тракторных агрегатов сельскохозяйственного назначения*

*и их эксплуатационных свойств 18*

*1.3. Анализ исследований параметров*

*и условий функционирования сельскохозяйственного машинно-тракторного агрегата 23*

*1.3.1. Основные особенности разгона*

*машинно-тракторного агрегата 23*

*1.3.2. Влияние колебаний нагрузки на показатели*

*сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов 38*

*1.3.3. Экологические проблемы использования энергонасыщенных тракторов*

*в сельскохозяйственном производстве 50*

*1.4. Основные направления совершенствования*

*машинно-тракторных агрегатов на механизированных сельскохозяйственных процессах 56*

*1.5. Цель и задачи исследований 65*

*2. Разработка математической модели функционирования*

*сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов 70*

*2.1. Уравнения движения звеньев динамической модели*

*серийного машинно-тракторного агрегата 70*

*2.1.1. Математическая модель двигателя 72*

*2.1.2. Математическая модель муфты сцепления 73*

*2.1.3. Математическая модель силовой передачи 76*

*2.1.4. Уравнение движения ведущего колеса 76*

*2.1.5. Математическая модель остова трактора*

*и внешней нагрузки 78*

*2.1.6. Система дифференциальных уравнений движения*

*агрегата с серийной трансмиссией трактора 81*

*2.1.7. Расчёт топливной экономичности*

*машинно-тракторных агрегатов 83*

*2.2. Методика решения дифференциальных уравнений*

*движения МТА 84*

*3. Аналитические исследования показателей функционирования*

*машинно-тракторных агрегатов 87*

*3.1. Влияние дополнительных «инерционных масс двигателя»*

*на показатели разгона машинно-тракторного агрегата 87*

*з*

*3.2. Влияние дополнительной «инерционной массы»*

*на показатели поэтапного разгона агрегата 90*

*3.3. Влияние «инерционной массы» двигателя на показатели*

*функционирования машинно-тракторного агрегата 95*

*3.4. Теоретические исследования показателей функцонирования*

*МТА при выполнении сельскохозяйственных работ 98*

*3.5. Влияние упруго демпфирующего механизма в трансмиссии трактора на функционирование машинно-тракторного агрегата... 107*

*3.5.1. Описание схемы и работы*

*упругодемпфирующего механизма 107*

*3.5.2. Математическая модель машинно-тракторного агрегата*

*с упруго демпфирующим механизмом в трансмиссии трактора. 112*

*3.5.3. Анализ показателей разгона машинно-тракторного агрегата с упругодемпфирующим механизмом*

*в трансмиссии трактора класса 5 119*

*Выводы 135*

*4. Повышение показателей функционирования*

*машинно-тракторных агрегатов путём оптимизации характеристик колёсных движителей 138*

*4.1. Современный научный подход к обоснованию*

*конструктивных параметров сельскохозяйственных шин 138*

*4.2. Методика рационального планирования*

*при испытаниях тракторных шин 140*

*4.3. Обоснование оптимальных параметров*

*пневматических шин сельскохозяйственных тракторов 148*

*4.4. Моделирование тракторных шин методом подобия 156*

*4.4.1. Моделирование тяговых свойств шин 156*

*4.4.2. Моделирование упругих свойств шин 157*

*4.4.3. Результаты моделирования шин для тракторов класса 1,4...158*

*4.4.4. Результаты теоретических исследований*

*шин тракторов класса 1,4 160*

*Выводы 164*

*5. Методика экспериментальных исследований 166*

*5.1. Программа экспериментальных исследований 166*

*5.2. Объект исследований 167*

*5.3. Измерительный комплекс 172*

*5.4. Место проведения опытов 182*

*5.5. Устройства для измерения инерционных масс двигателя*

*и параметров трансмиссии 182*

*5.6. Установка для автоматического управления дополнительной*

*«инерционной вращающейся массой» двигателя 185*

*5.7. Методика определения моментов инерции*

*вращательных масс двигателя и движителей 191*

*5.8. Методика определения момента инерции*

*трансмиссии трактора 193*

*5.9. Разработка системы автоматического переключения передач... 194*

*5.9.1. Требования, предъявляемые к системе*

*автоматического переключения передач 194*

*5.9.2. Обоснование датчика загрузки двигателя 195*

*5.9.3. Устройство и работа системы*

*автоматического переключения передач 198*

*5.9.4. Определение оптимальных параметров*

*следящего устройства 206*

*5.9.5. Методические аспекты лабораторного обоснования параметров экспериментальной системы*

*автоматического переключения передач 209*

*5.10. Методика лабораторно-полевых исследований 219*

*5.10.1. Методика лабораторно-полевых исследований*

*агрегатов с переменной «инерционной массой» двигателя...220*

*5.10.2. Методика лабораторно-полевых исследований*

*на бетоне агрегатов с упругодемпфирующим механизмом в трансмиссии трактора 222*

*5.10.3. Методика исследования влияния конструктивных факторов упругодемпфирующего механизма*

*в трансмиссии трактора на показатели работы*

*агрегата при имитационном эксперименте 224*

*5.11. Методика экспериментальных исследований*

*пневматических шин 225*

*5.11.1. Объект исследований 225*

*5.11.2. Описание конструктивной схемы*

*и измерительного комплекса «шинный тестер» 225*

*5.11.3. Методика исследований деформаций*

*пневматических шин 230*

*5.11.4. Методика тяговых испытаний пневматических шин 231*

*5.11.5. Методика определения площади контакта*

*пневматических шин 234*

*5.11.6. Методика оценки агроэкологических качеств*

*сравниваемых шин 235*

*5.11.7. Методика исследования микропрофиля поля 240*

*5.12. Стендовые испытания двигателя 241*

*5.13. Методика тяговых испытаний трактора 242*

*5.14. Методика экспериментальных исследований*

*показателей функционирования машинно-тракторного агрегата..244*

*5.15. Точность измерений 245*

*6. Результаты экспериментальных исследований 247*

*6.1. Сравнительный анализ теоретических*

*и экспериментальных исследований МТА 247*

*6.2. Влияние дополнительных «инерционных*

*вращающихся масс» двигателя на функционирование машинно-тракторного агрегата 251*

*6.2.1. Результаты экспериментальных исследований влияния дополнительной «инерционной массы» двигателя на разгон машинно-тракторного агрегата на базе трактора класса 1,4..251*

*6.2.2. Статистическая оценка выходных показателей культиваторного машинно-тракторного агрегата на базе трактора класса 1,4 с дополнительной*

*«инерционной массой» двигателя 260*

*6.2.3. Исследования влияния дополнительной «инерционной массы» двигателя*

*на агротехнические показатели работы*

*пахотного агрегата на базе трактора класса 1,4 263*

*6.3. Влияние упругодемпфирующего механизма*

*в трансмиссии трактора на показатели функционирования машинно-тракторных агрегатов 268*

*6.3.1. Анализ влияния объёма пневмогидроаккумулятора*

*на показатели разгона трактора класса 5 268*

*6.3.2. Определение оптимальной площади сечения дросселя упругодемпфирующего механизма*

*в трансмиссии трактора класса 5 272*

*6.3.3. Результаты исследований разгона транспортного машинно-тракторного агрегата*

*с упругодемпфирующим механизмом*

*в трансмиссии трактора класса 5 274*

*6.3.4. Результаты исследований машинно-тракторного агрегата*

*с упругодемпфирующим механизмом в трансмиссии трактора класса 1,4 при колебаниях тяговой нагрузки 283*

*6.4. Повышение показателей функционирования машинно-тракторных агрегатов путём*

*оптимизации характеристик колёсных движителей 299*

*6.4.1. Результаты сравнительных испытаний*

*серийных крупногабаритных шин тракторов класса 5 299*

*6.4.2. Оценка уровня воздействия движителей*

*тракторов класса 5 на почву 322*

*6.4.3. Результаты исследований шин тракторов класса 1,4 336*

*Выводы 348*

*7. Экономическая эффективность предлагаемых мероприятий*

*по повышению показателей функционирования*

*машинно-тракторных агрегатов 353*

*Общие выводы и предложения 357*

*Литература 360*

*Приложения 379*

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Основой методологии совершенствования показателей работы сель­скохозяйственного МТА является разработанная нами динамическая модель агрегата, учитывающая конструктивные параметры и эксплуатационные ре­жимы его нагружения. Составленные на её основе дифференциальные урав­нения движения агрегата отражают с достаточной точностью реальные про­цессы функционирования МТА и позволяют проводить теоретические иссле­дования их (расхождение аналитических расчётов с результатами испытаний не превышает 6%, критерии Стьюдента и Фишера не превышают табличных значений, а коэффициент корреляции находится в пределах от 0,728 до 0,928 и показывает тесную связь сравниваемых результатов).
2. Одними из основных факторов, определяющих выходные показатели МТА, являются «инерционные вращающиеся массы» двигателя. Для тракто­ра класса 1,4 оптимальной автоматически управляемой дополнительной «инерционной» вращающейся массой двигателя является 1,8...2,0 кг-м2, что по сравнению с серийным агрегатом при трогании и разгоне МТА уменьшает загрузку двигателя на 5...8%, общее время разгона на
3. .40%, а при переключении передач под нагрузкой обеспечивает по­вышение скорости движения на 5%.
4. В реальных условиях работы культиваторного агрегата с колёс­ным трактором класса 1,4 тяговая нагрузка на трактор, угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя и скорость движения агрегата представляют собой стационарные случайные функции. Увеличение «инерционной вращающейся массы» двигателя от 2,5 кг-м2 до 4,3 кг-м2 позволяет повысить среднее значение тяговой нагрузки на 5,7%, угло­вой скорости вращения коленчатого вала двигателя на 4,2% и скорости движения агрегата на 4,7%, а амплитуды среднеквадратических откло­нений этих показателей снижаются соответственно на 16,7%, 9,6% и 3,5% при смещении преобладающих в случайном процессе частот с
5. ..5,1 с'1 до 2,1...2,2 с’1, что уменьшает динамическую нагруженность трансмиссии.
6. На установившемся режиме движения агрегата с дополнитель­ными «инерционными массами» двигателя тяговая нагрузка на трактор уменьшается на 4...6%, а загрузка его двигателя на 5...9%, скорость движения агрегата возрастает на 5...6% при снижении введённого нами показателя «прозрачности» трансмиссии на 25...30%.
7. Применение УДМ в трансмиссии трактора при разгоне МТА умень­шает работу трения муфты сцепления (фрикциона) на 22%, увеличивает уг­ловую скорость коленчатого вала двигателя на 10%, снижает динамические нагрузки в 1,2... 1,5 раза. При поэтапном разгоне агрегата на базе трактора класса 5 с УДМ в трансмиссии максимальное значение ведущего момента снижается в 1,1... 1,4 раза, а угловая скорость колёс при переключении пере­дач увеличивается на 9... 10% по сравнению с серийным вариантом.
8. Использование УДМ в трансмиссии трактора в реальных условиях эксплуатации МТА позволяет: снизить колебания внешней тяговой на­грузки, передающейся на двигатель, на 15...40%; улучшить агротехни­ческие показатели выполнения сельскохозяйственных операций на 12%; снизить дисперсию буксования на 60%; увеличить производи­тельность агрегата более чем на 10%; уменьшить расход топлива на 9%, а погектарный расход - на 18%.
9. Пневматические шины ведущих колёс трактора - одно из основных звеньев трансмиссии, определяющих её жёсткость, которая учтена в уравне­ниях деформации включением последовательно сменяемых элементов шины при качении колеса. Оптимальным внутренним строением радиальных шин

. ведущих колёс тракторов в составе агрегата являются: для класса 5 - норма слойности каркаса и брекера 6 и 4, углы нитей корда и брекера 5° и 70°; для

класса 1,4 - норма слойности каркаса и брекера 4 и 3, углы нитей корда и брекера 5° и 70°.

1. Использование в МТА энергосредств на шинах с оптимальным внут­ренним строением позволяет увеличить тяговый КПД их, повысить произво­дительность МТА более чем на 10%, снизить удельный расход топлива на
2. Л2% при одновременном уменьшении уплотняющего воздействия на почву до 20%.
3. Внедрение результатов исследований проблемы в модельном хозяйст­ве южных регионов России может обеспечить:

* сокращение капитальных вложений на 1260,07 тыс. руб. в варианте ус­тановки дополнительных инерционных масс двигателя и УДМ в трансмиссии трактора и на 5182,13 тыс. руб. в варианте использования эксперименталь­ных шин, что соответствует экономии на 0,6 и 2,5%;
* экономию эксплуатационных затрат при модернизации трансмиссии тракторов в составе агрегатов на 1568,41 тыс. руб., а при комплектации трак­тора шинами с оптимальным внутренним строением - 2373,05 тыс. руб., что ниже соответственно на 2,6 и 4,0% существующих технологий;
* снижение затрат труда на 2,4...3,1% и потребность хозяйства в меха­низаторах;
* чистый дисконтированный доход при модернизации трансмиссии тракторов в составе агрегатов 2780,09 тыс. руб., а при комплектации трактора шинами с оптимальным внутренним строением - 8124 тыс. руб., что в расче­те на гектар пашни составляет - 278 и 812 руб;
* срок окупаемости затрат по обоим вариантам около 5 лет при ставке дисконта 0,12.