

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Линенко Андрея Владимировича на диссертационную работу Бакирова Сергея Мударисовича «Повышение энергоэффективности при эксплуатации дождевальных машин кругового действия обоснованием способов и средств энергосбережения», представленную к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

Актуальность темы исследований

Актуальность представленной темы диссертационного исследования не вызывает сомнений, так как она связана с несовершенством теории и практики применения дождевальных машин с точки зрения энергетических затрат. Причем полив дождеванием является перспективным и единственным способом повышения урожайности высокобелковых культур. Применение отечественной и зарубежной дождевальной техники (машин кругового действия) оценивается различным энергопотреблением и не удовлетворяет современным требованиям.

Поэтому проблема, заключающаяся в обосновании и определении условий выбора энергетических систем дождевальных машин кругового действия, способствующие снижению энергопотребления на полив, является актуальной.

Исследования выполнены в соответствии с государственной программой «Развитие науки и технологий», федеральной целевой программой «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы».

Степень обоснованности научных положений и выводов

Научные положения и заключение, сформулированные в диссертационной работе, в достаточной степени обоснованы и достоверны.

Достоверность научных результатов, выдвинутых автором, подтверждены теоретическими и экспериментальными исследованиями с использованием современного математического аппарата, базируются на методиках системного анализа, положениях теории систем, теории эксплуатации электрооборудования,

дифференциального и интегрального исчисления, теории математической статистики и других прикладных программ.

Корректно использованы известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Соискателем изучены и проанализированы научные достижения и теоретические положения других авторов по вопросам повышения энергетической эффективности дождевальных машин, эксплуатации электрооборудования и возобновляемых источников энергии для достижения поставленной цели исследования.

Достоверность заключения не вызывает сомнений, так как его положения базируются на результатах теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с использованием современных методов исследования, системного подхода к решению поставленных задач и применения сертифицированных средств измерения. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях с использованием теории планирования многофакторного эксперимента, производственных и полевых условиях на основе общепринятых и частных методик. Обработка результатов экспериментов выполнялась с использованием методов математической статистики. Это все свидетельствует об обоснованности полученных положений, заключения и рекомендаций.

Заключение по диссертации изложено на 3 страницах машинописного текста (стр. 367–369) шестью выводами.

Вывод первый относится к решению первой задачи, достоверен и носит обобщающий характер практического применения дождевальных машин и проведенных научных исследований в области ресурсо- и энергосбережения эксплуатации дождевальных машин кругового действия.

Вывод второй относится к решению второй задачи, достоверен и обладает научной новизной. Представлена зависимость энергетической эффективности системы энергоснабжения дождевальной машины кругового действия от природно-климатических, географических, агротехнических, технико-экономических условий эксплуатации, а также получены коэффициенты

эффективности систем энергоснабжения на основе результатов синтеза функционально-структурных моделей энергоснабжения дождевальных машин.

Вывод третий относится к решению третьей задачи, достоверен и обладает научной новизной. Обоснована математическая модель обобщающего критерия эффективности системы энергоснабжения, позволяющая дать оценку по энергетическим и эксплуатационным затратам дождевальной машины с учетом ее технико-экономических показателей. Получены зоны и границы применения дождевальных машин кругового действия с оптимальными системами энергоснабжения в различных условиях эксплуатации.

Вывод четвертый относится к решению четвертой задачи, достоверен и обладает научной новизной. Обоснованы способы и технические средства энергосбережения электрифицированных дождевальных машин, позволяющие повысить энергетическую эффективность полива.

Вывод пятый достоверен и обладает научной новизной, подтверждается результатами лабораторных испытаний, полученными на основе теории математического планирования эксперимента для аккумуляторного источника питания и устройства динамической компенсации реактивной мощности электродвигателей. В испытаниях использовались сертифицированные технические средствами измерения. Результаты экспериментов подтверждаются актами внедрения. Вывод относится к решению пятой задачи.

Вывод шестой относится к решению шестой задачи, достоверен, обладает научной новизной и обобщает результаты полевых и производственных испытаний алгоритма и программы выбора системы энергоснабжения с наименьшим энергопотреблением, а также результаты испытаний способов и средств, обеспечивающие снижение энергопотребление. Представлены результаты расчетов технико-экономической эффективности внедрения алгоритма выбора системы энергоснабжения на основе обобщающего критерия эффективности. Вывод обладает практической значимостью. Достоверность вывода подтверждается соответствующими актами.

Оценка новизны и значимости

Научную новизну диссертационной работы представляют:

- разработанный соискателем принцип выбора источника энергоснабжения и типа привода дождевальной машины на основе обобщающего критерия эффективности, который учитывает месторасположение машины относительно централизованной системы электроснабжения, водоема, выращиваемой культуры;

- математические модели изменения нагрузки электропривода электрифицированных дождевальных машин от конструктивных параметров трубопровода и колес опорных передвижных тележек;

- новые технические решения и математические модели технических показателей схем управления перемещением и режимов работы электрифицированных дождевальных машин, позволяющие снизить энергопотребление;

- новый способ, усовершенствованную математическую модель технических показателей аккумуляторного питания дождевальных машин кругового действия.

Изложенный в работе материал направлен на снижение энергопотребления полива дождевальными машинами кругового действия, охватывает взаимосвязь конструктивных, технических, эксплуатационных и технологических параметров, позволил соискателю ученой степени сформулировать методические положения способов и технических средств энергосбережения.

Значимость работы оценивается существенным снижением энергопотребления полива дождевальными машинами кругового действия (до 20 %), подтверждаемое результатами производственных испытаний с достаточной сходимостью с теоретическими исследованиями. Доказана новизна технических и конструктивных решений 4 патентами на изобретения и полезные модели, данные которых одобрены и рекомендованы к использованию при конструировании и эксплуатации дождевальных машин кругового действия на предприятиях ООО «Мелиоративные машины», ООО «Наше дело», ООО «АПК

«Райгород», ИП Глава КФХ Вязовов, Холдинг «Солнечные продукты», ООО «Стандарт-С».

Ценность полученных результатов для науки и практики

Научная ценность - разработаны методические основы энергосбережения полива дождевальными машинами кругового действия в технологиях искусственного орошения, выявлена закономерность энергопотребления дождевальных машин кругового действия в различных условиях эксплуатации; сформирована система определения оптимального энергоснабжения на основе обобщающего критерия эффективности, учитывающего природно-климатические, географические агротехнические, мелиоративные и технико-экономические показатели эксплуатации дождевальных машин кругового действия.

Практическая ценность - созданы технические средства управления движением электрифицированных дождевальных машин; разработана конструкция секции дождевальных машин с аккумуляторным источником питания, созданы новые лабораторные стенды для исследования пусковых режимов и параметров аккумуляторного питания электропривода дождевальных машин.

Оценка содержания диссертации

Диссертация оформлена в соответствии с предъявляемыми требованиями, изложена в научном стиле и состоит из введения, шести глав, заключения, рекомендаций производству, перспективы дальнейшей разработки темы, списка литературы из 361 наименований, из которых 36 на иностранном языке. Материалы работы изложены на 449 страницах машинописного текста, включает в себя 169 рисунков, 74 таблицы и 4 приложения.

Во *введении* (стр. 5–11) раскрыта актуальность, сформулированы проблема, научная новизна и практическая значимость работы, представлены выносимые на защиту научные положения.

В *первой главе* (стр. 12–59) «Состояние проблемы энергоэффективности дождевальных машин кругового действия и обеспечение энергосбережения в

технологиях искусственного орошения» выполнен анализ и изложены перспективы применения дождевальных машин. Приведены основные характеристики машин, классификация предыдущих моделей и машин нового поколения. Выделено, что машины кругового действия наиболее просты в эксплуатации, чем машины фронтального действия. Указаны современные достижения науки в области полива дождеванием, в том числе зарубежный опыт. На основе проведенного анализа энергопотребления существующих вариантов поставлена цель и сформулированы задачи исследования.

Во *второй главе* (стр. 60–129) «Методология исследования и синтез структуры энергоснабжения дождевальных машин кругового действия» обоснованы объект, предмет и границы исследования, разработаны методология решения поставленной цели, классификация учитываемых факторов, обоснованы экономические показатели исследования и эффективность системы энергоснабжения дождевальных машин кругового действия. Также разработаны функциональные и структурные модели систем гидравлического, электрического и механического привода и выполнен синтез этих моделей. На основе методологии и синтеза систем установлены значимые факторы, влияющие на энергопотребление.

В *третьей главе* (стр. 130-182) «Теоретическое обоснование выбора системы энергоснабжения дождевальных машин кругового действия» приведена основная часть работы по обоснованию обобщающего критерия эффективности энергоснабжения дождевальных машин кругового действия и представлена дискретная оптимизация вариантов энергоснабжения в зависимости от различных условий эксплуатации. Выделены границы и зоны применения гидравлического, электрического и механического привода.

В *четвертой главе* (стр. 183–291) «Способы и технические средства повышения энергоэффективности электрифицированных дождевальных машин кругового действия» изложены и обоснованы способы и технические средства энергосбережения. Усовершенствованы математические модели изменения нагрузки электропривода от параметров трубопровода и колес опорных тележек

дождевальную машины. Предложен способ и описана математическая модель технических параметров аккумуляторного питания дождевальной машины, оснащенных солнечными панелями для заряда аккумуляторов. Предложены схемы и технические устройства управления, режимы работы дождевальных машин, позволяющие снизить энергопотребление дождевальных машин кругового действия.

В *пятой главе* (стр. 292–320) «Экспериментальные исследования аккумуляторного источника питания и устройства динамической компенсации реактивной мощности» представлены методики, основные характеристики и результаты лабораторных испытаний аккумуляторного питания и устройства динамической компенсации с целью подтверждения теоретических положений. Исследования проведены на основе теории математического планирования многофакторного эксперимента с применением сертифицированных приборов и измерительных систем. По результатам эксперимента установлены оптимальные значения параметров устройства динамической компенсации реактивной мощности электродвигателей опорных тележек дождевальных машин.

В *шестой главе* (стр. 321–366) «Производственная проверка способов повышения энергоэффективности и полевые испытания дождевальных машин кругового действия. Экономические оценки внедрения» приведены результаты и их обработка полевых и производственных испытаний по выбору оптимальной системы энергоснабжения на основе обобщающего критерия эффективности, способов снижения нагрузки на электропривод с достаточной сходимостью с теоретическими исследованиями, а также проверка параметров аккумуляторного способа питания опорной передвижной секции дождевальной машины. По результатам производственных испытаний приводится технико-экономическая оценка их внедрения.

В приложении изложены промежуточные и смежные результаты исследований.

Автореферат соответствует содержанию и отражает суть основных результатов, изложенных в диссертации.

Замечания по диссертации

1. В работе следовало бы рассмотреть вопрос удаленности водоема, откуда осуществляется водоподача, от системы центрального электроснабжения, либо возможность запитать подающий насос от переносного генератора или возобновляемых источников энергии. В таком случае можно было бы говорить о повышении энергоэффективности всей дождевальная машины, и на водоподачу и на водораспределение.

2. Полученная математическая модель (3.85) на странице 155 представлена графиками на рисунках 3.3–3.8, какой был смысл делать их трехмерными, ведь почти все графики линейные.

3. В 3 главе изложен хороший и научный материал по выбору энергоснабжения дождевальная машины, но автор не сделал существенного определения, которое связывало бы 3 и 4 главы, поэтому вывод 4 в п. 3.4 не раскрыт.

4. В диссертации много внимания уделено вопросам снижения нагрузки на электропривод за счет уменьшения диаметра трубопровода, хотя в предыдущих работах других исследователей это имеется. При этом не принято во внимание изменение поливной нормы и продолжительности полива дождевальными машинами со сниженным диаметром.

5. В п. 4.1 на страницах 183–189 какой был смысл определения мощности электродвигателя опорной тележки дождевальная машины, если есть классические и теоретические расчеты Г. И. Назарова, С. В. Оськина, Р. С. Аипова и др.

6. В исследованиях аккумуляторного питания автор предлагает располагать аккумуляторы на опорной тележке, но не принимает во внимание, что это увеличивает массу и нагрузку на электропривод.

7. В п. 4.4 на страницах 251–262 определенные автором условия (4.156, 4.149, 4.150, 4.157) применения бустерного насоса следовало бы объединить и добавить в научную новизну работы.

8. В 5 главе п. 5.1. автор не приводит сравнительной оценки сходимости результатов теоретического и экспериментального исследования, не описывает физическую сущность числа пусков w в эксперименте.

9. При использовании метода экспертных оценок автор проверяет только три из семи показателей k_3 , k_4 , k_5 , хотя при данном методе как раз можно получить адекватную оценку всех показателей энергоснабжения дождевальных машин кругового действия.

10. В расчете экономической эффективности применения энергоэффективной системы эксплуатации дождевальной машины кругового действия отсутствуют капитальные вложения на электропривод, не смотря на то, что в автореферате его стоимость приведена.

11. В заключении сказано, что цифровые показатели снижения энергопотребления дождевальной машиной кругового действия в одном случае составляют 10,2 – 20,8 %, а в другом 20 – 22 %, что требует пояснения.

Качество оформления диссертации

Работа в целом написана литературным языком, технически грамотно, содержит достаточное количество иллюстрационного материала и таблиц, хорошо оформлена. Материал работы обобщен и имеет внутреннюю логическую связь глав и представляется завершенным.

В целом, диссертационная работа оформлена качественно и соответствует требованиям ВАК РФ.

Основные положения диссертации изложены в автореферате и в 52 научных трудах, в том числе 15 публикаций в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 7 – в международных базах данных Scopus и Web of Science, 4 – патентах на изобретения и полезные модели.

Заключение

Диссертация представляет работу, выполненную на достаточно высоком научном уровне. В работе решена сложная научная и народно-хозяйственная проблема повышения энергетической эффективности полива при эксплуатации

