

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора, Лекомцева Петра Леонидовича на диссертацию «Научно-методологические основы энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК», представленную Андреевым Сергеем Андреевичем на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 4.3.2 Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки) в диссертационный совет 35.2.030.03 при ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет–МСХА имени К.А.Тимирязева»

### 1. Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертационной работы определяется Концепцией развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года, согласно которой исследование процессов энергообеспечения и энерго-ресурсосбережения, является одним из приоритетных направлений, рекомендованных научным организациям и высшим учебным заведениям, подведомственных Минсельхозу России при осуществлении функций в установленной сфере деятельности. Необходимость проведения научно-исследовательских работ, направленных на повышение эффективности использования материальных и энергетических ресурсов, особенно важна на фоне статистической информации о потерях 25% электроэнергии, 40% водных ресурсов, и 30% семенного материала, поставляемых в сельскохозяйственный сектор экономики страны.

Неудовлетворительное состояние вопроса энерго-ресурсосбережения во многом явилось следствием отсутствия единой методологии при рассмотрении различных производственных задач, при поиске новых способов эффективного использования сырьевых и энергетических ресурсов, а также из-за отсутствия способов оценки эффективности разнотипных преобразователей энергии.

Принимая во внимание перечисленные факты, можно однозначно заключить, что тема диссертационной работы Андреева С.А. является актуальной.

### 2. Степень обоснованности выводов, их достоверность и новизна

Диссертационная работа содержит 5 общих выводов.

*Первый вывод* устанавливает методологическую разобщенность современных научных концепций по проблеме эффективного использования материальных и энергетических ресурсов. Вывод отражает разработку научно-методологических основ энерго-ресурсосбережения, позволяющих создавать новые способы сокращения потребления материальных и энергетических ресурсов. В выводе содержится информация об обосновании способа оценки

эффективности разнотипных материально-энергетических преобразований с учетом стереометрических показателей соответствующих преобразователей.

*Второй вывод* основан на положении о целесообразности повышения эффективности материальных и энергетических преобразований посредством увеличения их скорости и содержит информацию:

- о способе осциллирующего подключения грунтовых теплообменников в электрифицированных системах отопления с применением тепловых насосов, исключающий отрицательные экологические последствия и обеспечивающий увеличение поступления тепловой энергии;

- о способе снижения потребления природного газа в водогрейных котлах малой мощности при одновременном уменьшении содержания окислов углерода и азота в продуктах сгорания посредством ускорения окислительного процесса в топочных камерах за счет подачи в зону горения озono-воздушной смеси;

- о способе коммерческого учета водопотребления, позволяющего сократить потери воды из-за протечек и несанкционированного отбора, а также спланировать экономичный режим расхода водных ресурсов;

- о комбинированном способе управления поливом, обеспечивающим снижение водопотребления и основанным на формировании управляющего воздействия по отклонению влажности почвы, по возмущающим факторам и по прогнозу выпадения осадков.

Вывод достоверен, содержит научную новизну и сомнений не вызывает.

*Третий вывод* базируется на положении о зависимости эффективности энергетических воздействий на материальные объекты с целью придания им заданных свойств от плотности энергетического потока и энергетических потерь. Этот вывод:

- устанавливает аналитическую зависимость между точностью дозирования СВЧ-воздействия на сельскохозяйственные материалы и эквивалентным объемом в рабочих камерах микроволнового оборудования, позволяющую сократить потери некачественно обработанного сырья и неоправданные энергетические затраты;

- содержит информацию о способе автоматического управления напряжением в цепи питания магнетрона в соответствии с разработанным алгоритмом для стабилизации режима работы СВЧ-генератора при меняющейся массе обрабатываемых материалов, обеспечивающий сокращение затрат энергии и материальных ресурсов;

- отражает результаты исследований по выявлению физических факторов, сопровождающих аварийные режимы работы микроволнового электрооборудования, содержит информацию о способе защиты СВЧ-генераторов по форме кривой тока в цепи анодного питания магнетрона, а также по уровню низкочастотного фона.

Вывод аргументирован и достоверен.

*Четвертый вывод* основан на положении о зависимости эффективности энергетических преобразований от стереометрических показателей пре-

образователей и содержит сведения о разработке:

– методики расчета элементов конструкции и рабочих параметров многолопастных силовых ветродвигателей в составе ветроэлектростанций, определяющих возможность проектирования ресурсосберегающих преобразователей кинетической энергии воздушного потока в механическую форму с повышенным пусковым моментом;

– ряда силовых конструкций силовых ветродвигателей с периодически меняющейся активной поверхностью лопастей, методики определения минимально допустимого межосевого расстояния двухосевых ветродвигателей, определяющих уменьшение рабочего пространства конструкции.

Вывод содержит доказанные особенности технических решений, достоверен, обладает новизной и практической значимостью.

*Пятый вывод* определяет перспективные направления разработки новых электротехнологических способов и технических средств энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК:

– энергосберегающий электротехнологический способ осушения воздуха, определяющий снижение энергетических затрат;

– ресурсосберегающий способ дражирования семян в непрерывном режиме, обеспечивающий снижение выхода некачественных драже и позволяющий встраивать процесс наращивания оболочки в технологические линии подготовки семян к посеву;

– способ использования инерционных накопителей энергии в системах автономного энергообеспечения стационарных объектов АПК, определяющий увеличение срока эксплуатации аккумулирующего оборудования;

– способ утилизации кинетической энергии теплоносителя в автономных безнасосных отопительных системах, исключая зависимость их работоспособности от внешних источников электрической энергии;

– ресурсосберегающий способ борьбы с варроатозом пчел с использованием амплитудно-модулированного электрического поля, обеспечивающий повышение выживаемости пораженных пчелосемей.

Вывод является достоверным и имеет практическое значение.

В целом можно заключить, что общие выводы диссертации достоверны и обладают новизной. Обоснованность выводов подтверждена результатами испытаний в производственных условиях.

### **3. Научная новизна и практическая значимость результатов работы**

*Научную новизну* работы представляют полученные и систематизированные новые знания в области физики преобразования энергии и материи, позволившие анализировать разнотипные материально-энергетические преобразования в соответствии с законом сохранения и взаимного обращения массы и энергии с учетом зависимости эффективности этих преобразований от произведения плотности потока рассматриваемых субстанций и скорости их распространения в упругой среде, обосновать научно-методологические основы энерго-ресурсосбережения, разработать способ сравнительной оценки эффективности разнотипных материально-энергетических преобразова-

ний и решить ряд прикладных задач по сбережению энергетических и сырьевых ресурсов в технологических процессах АПК.

*Практическая значимость работы* определяется возможностью использования ее результатов при разработке энерго-ресурсосберегающих преобразователей энергии и материальных ресурсов в системах энергообеспечения объектов АПК, при проектировании энерго-ресурсосберегающих систем отопления, в том числе систем отопления с грунтовыми тепловыми насосами и обогреваемыми полами, при разработке ресурсосберегающих газовых водогрейных котлов с озоновым наддувом и проектировании энерго-ресурсосберегающих систем водообеспечения, при разработке ресурсо-энергосберегающих микроволновых установок сельскохозяйственного назначения с управляемыми режимами обработки и автоматическим отключением при возникновении аварийного режима, и проектировании энерго-ресурсосберегающих преобразователей кинетической энергии ветра, при разработке энергосберегающих установок для осушения воздуха, ресурсо-энергосберегающих дражировщиков семян сельскохозяйственных растений, инерционных накопителей энергии для систем автономного энергообеспечения стационарных объектов АПК, утилизации кинетической энергии теплоносителя в автономных системах отопления, а также электротехнологического оборудования для борьбы с варроатозом пчел.

#### **4. Оценка содержания диссертационной работы**

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 388 страниц, в том числе основной текст изложен на 328 страницах. В работе приведены 36 рисунков и 4 таблицы. Библиографический список включает 369 источников.

*Во введении* обоснована актуальность темы, сформулирована научная концепция, определены объект и предмет исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту диссертации, а также данные о научной новизне и практической ценности работы.

*В первой главе* «Состояние энерго-ресурсосбережения в АПК» произведена оценка роли материальных и энергетических ресурсов в жизни и производственной деятельности человека, рассмотрен современный взгляд на классификацию ресурсов и эффективность их взаимопреобразования, сформулирована проблема энерго-ресурсосбережения в сельскохозяйственном производстве и определен круг наиболее важных задач по обеспечению экономики энергетических и материальных ресурсов в технологических процессах АПК.

*Во второй главе* «Обоснование научно-методологических основ энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК» рассмотрены основные направления материально-энергетических преобразований и зависимость их эффективности от произведения плотности потока и скорости распространения преобразуемых субстанций в упругой среде, описаны научно-методологические основы энерго-ресурсосбережения в технологических

процессах АПК, обоснован способ оценки эффективности разнотипных материально-энергетических преобразований с учетом стереометрических показателей преобразователей.

*В третьей главе* «Электротехнологические способы и технические средства энерго-ресурсосбережения в тепло- и водообеспечение объектов АПК» рассмотрены вопросы оптимизации подвода тепловой энергии в обогреваемые объекты АПК, экологически безопасного извлечения низкопотенциальной энергии из грунта, снижения запыленности воздушной среды отапливаемых сооружений, изложены результаты исследований по проблеме ресурсосбережения при эксплуатации газовых водогрейных котлов малой мощности, рассмотрены вопросы организации взаимодействия элементов телеметрического оборудования в автоматизированных системах коммерческого учета водопотребления, описаны новые способы автономного питания измерительно-передающих устройств, доказана целесообразность использования ионисторов и способа их динамической коммутации для аккумулялирования электрической энергии, а также описан новый способ энерго-ресурсосберегающего управления поливом.

*В четвертой главе* «Способы и технические средства для энерго-ресурсосбережения при проектировании и эксплуатации СВЧ-оборудования сельскохозяйственного назначения» приведены результаты исследования распределения СВЧ-энергии в рабочей камере микроволнового электрооборудования, обоснованы способы и технические средства повышения надежности микроволновых генераторов и алгоритм управления ими при переменной нагрузке.

*В пятой главе* «Энерго-ресурсосбережение при использовании силовых ветроэнергетических установок» произведены исследования, направленные на повышение эффективности силовых ветродвигателей, в частности, разработана методика расчета элементов конструкции и рабочих параметров, многолопастных ветродвигателей в составе ветроэлектростанций, рассмотрен способ уравнивания силовых ветродвигателей со взаимно-перпендикулярными валами и способ минимизации межосевого расстояния двухосевых силовых ветродвигателей.

*В шестой главе* «Перспективные направления разработки электротехнологических способов и технических средств энерго-ресурсосбережения в производственных процессах АПК» обоснован энерго-ресурсосберегающий способ осушения воздуха на объектах АПК, описаны способы и технические средства определения качества дражирования семян по количеству смеси, не вступившей в процесс образования оболочки, обоснован способ определения размеров драже по диэлектрической проницаемости дражируемой массы, приведено описание технологии дражирования семян в непрерывном режиме, определены рабочие параметры дражиратора с рабочим органом в виде наклонного транспортера, рассмотрен энерго-ресурсосберегающий способ аккумулялирования энергии в системах автономного электроснабжения объектов АПК, приведены результаты исследований по утилизации кинетической энергии жидких теплоносителей в автономных системах отопления, обоснована целесообразность ресурсосберегающего электротехнологического спо-

соба борьбы с варроатозом пчел и определены показатели эффективности предложенных энерго-ресурсосберегающих технологий и технических средств для их осуществления.

На основании изложенного можно сделать вывод о том, что содержание диссертации отражает основные идеи работы и полученные в ней результаты, а также раскрывает ее научную и практическую ценность.

### **5. Оценка оформления диссертации**

Оформление диссертации соответствует действующим нормам и стандартам. Рубрикация по главам и параграфам соответствует логике изложения, а иллюстративный материал дополняет содержание текста. Содержание диссертации отражает основные идеи работы и полученные в ней результаты. Результаты внедрения подтверждены документами. Однако в нескольких местах работы встречаются ошибки, например, одними и теми же буквами обозначаются различные величины, некоторые иллюстрации выполнены на «сером» фоне, на некоторых рисунках буквенные символы написаны «от руки».

### **6. Полнота опубликования основных результатов работы и соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

По теме диссертационного исследования опубликовано 270 печатных работ, в том числе 60 в изданиях из перечня ведущих периодических изданий, определенных ВАК РФ Министерства науки и образования Российской Федерации, 2 в международной базе цитирований Scopus, 57 авторских свидетельств и патентов на изобретения и полезные модели, 6 монографий. Опубликованные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Следует отметить, что исследования по научно-методологическим основам энерго-ресурсосбережению в технологических процессах АПК проводились в соответствии с планами НИР Московского института инженеров сельскохозяйственного производства имени В.П.Горячкина, Московского государственного агроинженерного университета имени В.П.Горячкина, а также Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии имени К.А.Тимирязева.

Автореферат включает общую характеристику работы и краткое изложение ее содержания. Структура изложения материала диссертации в автореферате сохранена. Содержание автореферата и общие выводы соответствуют основным положениям диссертации.

## 7. Дискуссионные положения и замечания

1. Соискатель утверждает, что стоимость магнетрона составляет 15...30% от стоимости всей микроволновой установки (стр.26). Такое утверждение справедливо только для маломощных установок циклического действия. Для крупного микроволнового оборудования соотношение стоимостей будет другим.
2. При каких условиях показатель интегрирования  $\xi^r$  может проявлять свойства степенной и показательной функции (39 стр.)?
3. Каким образом для СВЧ-воздействия выбирается допустимая величина воздействия  $D_{доп}$  (стр.43)?
4. Во втором выводе ко второй главе, (стр.53), указано, что в рабочее пространство входит сам преобразователь и пространство, где размещение аналогичных преобразователей невозможно. Что понимается под определением «аналогичных»?
5. Не представлено обоснование импульсного режима подключения грунтовых теплообменников (стр. 68).
6. Оценка подъемной силы, действующей на частицу пыли, определяемая в соответствии с выражением (3.5) на странице 74, приведена в упрощенном виде. При этом соискатель не приводит убедительного обоснования сделанным допущениям.
7. В предложенной энергосберегающей технологии передачи информации на 111-й странице диссертации, соискатель не производит оценку затрат энергии на обработку информации измерительно-преобразующими устройствами, принимаемой от соседних устройств.
8. Непонятно почему слагаемые выражения по определению продолжительности подачи воды (стр.131) имеют разные знаки.

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки работы и могут быть учтены на следующих этапах исследований.

## Заключение

Диссертация С.А. Андреева представляет собой завершённую научную работу, итогом которой является разработка научно-методологических основ энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК, в соответствии с которыми были обоснованы новые способы и технические средства, обеспечивающие эффективное использование сырьевых и энергетических ресурсов.

Диссертационная работа «Научно-методологические основы энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК» соответствует требованиям и критериям пунктов 9–14 Положения «О порядке присуждения учёных степеней» Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Андреев Сергей Андреевич, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 4.3.2 Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки).

Официальный оппонент,

Доктор технических наук (05.20.02 – Электротехнологии  
и электрооборудование в сельском хозяйстве, 2007 г.)

Профессор, декан факультета  
энергетики и электрификации

Лекомцев Петр Леонидович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет» (Удмуртский ГАУ).

426069, Россия, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11  
Тел.: +7 (3412) 58-99-47; e-mail: info@udsau.ru. <https://udsau.ru/>

03.06.2024 г.

Подпись зав. кафедрой  
Начальник управления  
кадрового делопроизводства  
Удмуртского ГАУ

