

Председателю диссертационного  
совета Д 220.038.08 на базе  
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ  
С. В. Оськину

Сведения об официальном оппоненте

по диссертационной работе Христофорова Михаила Сергеевича на тему:  
«Параметры и режимы работы синхронизированной двухвходовой  
генераторной установки с использованием ВИЭ для электроснабжения  
биофабрик агропромышленного комплекса», представленной на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 –  
Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

<b>Фамилия, Имя, Отчество</b>	Игорь Викторович Юдаев
<b>Ученая степень</b>	доктор технических наук, 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
<b>Наименование диссертации</b>	Электроимпульсная энергосберегающая технология борьбы с сорной растительностью
<b>Ученое звание</b>	Профессор
<b>Полное наименование организации в соответствии с уставом на момент представления отзыва</b>	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный аграрный университет"
<b>Наименование подразделения</b>	кафедра «Энергообеспечение предприятий и электротехнологии»
<b>Должность</b>	профессор
<b>Адрес организации места работы</b>	196601, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2
<b>Телефон и официальный сайт организации места работы</b>	8 (812) 470-04-22 <a href="https://spbgau.ru/">https://spbgau.ru/</a>

**Основные публикации официального оппонента,  
затрагивающие сферу диссертационного исследования соискателя**

1. Yudaev, I.V. Analysis of the harmonic composition of current in the zero-working wire at the input of the load node with the prevailing non-linear power consumers / I.V. Yudaev, M.A. Yundin, A.M. Isupova, et. al. / Archives of Electrical Engineering. - 2021. - V. 70.- № 2. - pp. 463-473.

2. Yudaev, I.V. Solar radiation intensity data as basis for predicting functioning modes of solar power plants / Y. Daus, V. Kharchenko, I.V. Yudaev / Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. - 2018. - pp. 483-309.

3. Yudaev, I.V. Reducing the Costs of Paying for Consumed Electric Energy by Utilizing Solar Energy/ Y.V. Daus, I.V. Yudaev, G.V. Stepanchuk / Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika). - 2018. - V.54(2) - pp. 139-143.

4. Yudaev , I.V. Increasing Solar Radiation Flux on the Surface of Flat-Plate Solar Power Plants in Kamchatka Krai Conditions / Y.V. Daus, I.V. Yudaev, V.V. Dyachenko, et. al. / Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika). - 2019. - V.55(2) - pp. 101-105.

5. Yudaev , I.V. Varying spatial orientation of photoelectric panels as method of managing graph of electric energy generation / Y.V. Daus, I.V. Yudaev, D. Desyatnichenko et. al. / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2021. - V.1019(1) - pp. 012082.

6. Юдаев, И.В. Автономная теплица, функционирующая на возобновляемых энергоресурсах / И.В. Юдаев, Попов, М.Ю. Р.В. Попова // Вестник аграрной науки Дона. - 2020. - № 1 (49).- С. 33-42.

7. Юдаев, И.В. Анализ вариантов электроснабжения потребителя электрической энергии от солнечной фотоэлектростанции / Ю.В. Даус, И.В. Юдаев // Вестник ВИЭСХ.- 2018.- № 2 (31).- С. 90-94.

8. Юдаев, И.В. Снижение затрат на оплату потребленной электрической энергии за счет утилизации солнечной энергии / Ю.В. Даус, И.В. Юдаев, Г.В. Степанчук // Гелиотехника.- 2018.- № 2.- С. 75-80.

9. Юдаев, И.В. Повышение эффективности электроснабжения сельскохозяйственных объектов средствами крышных фотоэлектрических установок / Ю.В. Даус, И.В. Юдаев, Г.В. Степанчук, и др.// Гелиотехника.- 2018.- № 1.- С. 62-67



## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Юдаева Игоря Викторовича на диссертационную работу Христофорова Михаила Сергеевича **«ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ СИНХРОНИЗИРОВАННОЙ ДВУХВХОДОВОЙ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИЭ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ БИОФАБРИК АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»**, представленную к защите в диссертационный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 220.038.08, созданного на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

### 1. Актуальность диссертационной работы

Обозначенная правительством необходимость трансформации сельскохозяйственного производства в высокотехнологическую отрасль экономики страны и поставленные актуальные задачи при этом, требуют поиска новых эффективных решений, внедрения высокотехнологичных машин и агрегатов, модернизации имеющихся технических средств, позволяя тем самым увеличить выпуск отечественной сельскохозяйственной продукции высокого потребительского качества, реализуя при этом принципы ресурсо- и энергосбережения, сведя к минимуму антропогенное воздействие на экологию и окружающее пространство. В качестве генеральной линии для обеспечения населения страны качественной продовольственной продукцией в необходимом для этого количестве определены: цифровая трансформация отрасли и широкое внедрение интеллектуальных технологий, что невозможно осуществить, не обеспечив все технологические операции и процессы энергией, в требуемом количестве, конкретного вида и определенного качества.

Решить проблему бесперебойного энергообеспечения объектов АПК, снизить затраты на транспортировку энергоносителей, приблизив объекты генерации непосредственно к потребителям и минимизировать негативное влияние на окружающее пространство, возможно, используя для этих целей возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Диссертационная работа Христофорова Михаила Сергеевича как раз и посвящена решению обозначенной ранее проблемы за счет разработки и обоснования применения синхронизированной двухвходовой генераторной установки, функционирующей на возобновляемой энергии, для электроснабжения биофабрик агропромышленного комплекса.

## 2. Структура диссертации и ее оценка в целом

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, рекомендаций производству, перспектив дальнейшего использования, списка литературы и приложений. Работа изложена на 181 странице, включает 100 страниц основного текста, 40 рисунков, 5 таблиц и 11 приложений. Библиографический список состоит из 115 наименований научных, технических и специальных работ отечественных и зарубежных авторов.

**Во введении** представлена краткая характеристика состояния вопроса, обоснована актуальность рассматриваемой темы и степень ее разработанности; сформулированы цель и задачи исследований; определены объект и предмет исследования; перечислены: научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы; изложены основные научные положения, выносимые на защиту; определен личный вклад автора; представлены данные о реализации результатов исследований на производстве и в учебном процессе, а также представлен материал отражающий вопросы апробации работы. Введение оформлено в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.11-2011 и содержит все перечисленные в нем основные структурные элементы.

В качестве замечания по тексту введения хотелось бы отметить, что:

1) Не понятно, как понимать заявление соискателя, что «теоретическую и практическую значимость результатов исследования составляет: *разработанная на уровне изобретения* синхронизированная двухвходовая генераторная установка (СДГУ)» позволяющая осуществлять резервное электроснабжение электрооборудования предприятий АПК.

**В первой главе** «Состояние вопроса и постановка задачи исследований» рассматривается анализ технического состояния и функционирования систем электроснабжения предприятий по переработке продукции АПК юга России, в том числе и биофабрик. Проанализирована возможность и приведены примеры существующих резервных источников питания производственных мощностей на основе преобразователей энергии ветра и Солнца. В завершающим главу параграфе описана научная проблема, представлена научная гипотеза, сформулированы цель и задачи исследований.

В качестве замечаний по главе можно отметить следующее:

1) На стр. 14 говорится о биофабриках Краснодарского края, а анализируется только одна из них. На наш взгляд, следовало бы хотя бы перечислить какое количество биофабрик в регионе и охарактеризовать их производственную мощность;

2) На стр. 17 представлен анализ потребления электрической энергии и её удельный расход за 2016 и 2017 гг., но с того, анализируемого в работе периода

времени, прошло уже пять лет, выходит, что на биофабрике ничего не поменялось, в тоже время соискатель утверждает – проведен комплекс мероприятий по энергосбережению.

**Во второй главе** «Параметры и режимы работы двухвходовой генераторной установки» рассмотрено математическое описание процессов, протекающих в двухвходовой генераторной установке (ДГУ), предложена математическая модель ДГУ и ее описание в среде MathCad, представлено описание конструкции СДГУ. В параграфе очень подробно приведены расчеты на основе дифференциальных уравнений, описывающих электромагнитные и электромеханические процессы в СДГУ, что позволяет получить функциональную связь между динамическими характеристиками и параметрами СДГУ. Глава логически заканчивается выводами.

В качестве замечаний по главе можно отметить следующее:

1) Задаваясь аналитическим выражением (2.1), описывающим скорость ветра в функции времени, не совсем понятно, представленное аналитическое выражение выведено соискателем или принято по результатам исследований других авторов;

2) Вывод 10 содержит утверждение, что «скорость ветра 3-9 м/с и интенсивность солнечного излучения – напряжение на зажимах ФЭП изменяется в диапазоне 12-36 В». Напрашивается вопрос: рассматривал ли соискатель в теоретическом исследовании зависимость выработки напряжения фотоэлектрическими модулями от интенсивности солнечной радиации, а если не рассматривал, то зачем так часто упоминать в работе понятие «интенсивность солнечного излучения».

**В третьей главе** «Методика и результаты экспериментальных исследований» изложены программа и методики экспериментальных исследований и представлены показатели планирования эксперимента объекта исследования. Экспериментальные исследования были проведены в два этапа: вычислительный эксперимент и исследование натурального образца, по результатам которых были получены регулировочные характеристики. Адекватность математической модели и результатов математического эксперимента оценивалось с применением программного комплекса «Statistica». Глава логически заканчивается выводами.

**В четвертой главе** «Технико-экономическое обоснование использования синхронизированной двухвходовой генераторной установки» сделан анализ ущерба от прерываний электроснабжения и определена возможность наращивания объемов производства. Отдельным параграфом представлен расчет экономической эффективности применения гибридной ветро-солнечная генераторной установки, дизель-генераторной установки и разработанной

СДГУ. Рассмотренные анализ и расчет экономической эффективности являются логической основой для выводов по главе.

В качестве замечаний по главе можно отметить следующее:

1) «Превышение лимита потребляемой мощности может привести к увеличению стоимости электроэнергии в сотни раз по сравнению с базовым тарифом» (стр. 91) – данное утверждение голословное, которое соискатель не подтверждает какими-либо цифрами и сравнением;

2) Вывод 3 гласит «При необходимости подключения новых энергопотребителей капитальные вложения в инфраструктуру централизованного электроснабжения сопоставимы с вложениями в возобновляемую энергетику», но в четвертой главе об оценке капитальных вложений в инфраструктуру централизованного электроснабжения ничего не говорится и поэтому не понятно на основании сравнения каких данных соискатель сравнивает вложения в возобновляемую энергетику.

**Заключение** содержит основные выводы по диссертационной работе.

В приложения вынесены следующие методики и документы: статистика отказов по видам повреждаемого оборудования и продолжительность устранения отключений на линиях электропередачи; описание технологического цикла при приготовлении и розливе препарата «Пропофод – Бинергия»; скриншот программы расчета переходных процессов в СДГУ; функциональная схема ДГУ, принципиальная электрическая схема СДГУ, обозначения принятые при составлении уравнений и результаты расчета СДГУ; значения коэффициентов и средней ошибки аппроксимации для целевых функций и фрагменты использования программного комплекса «Statistica» для определения расхождения результатов вычислительного эксперимента и эксперимента на натурном образце; статистические данные объёмов производства биофабрик; зависимости вращающего, синхронизирующих моментов СДГУ, напряжения и частоты от входных параметров; программа эксперимента; результаты экономического расчета и сравнения применения нетрадиционных генераторов энергии; документы (акты) подтверждающие результаты внедрения; патенты на изобретения.

### **3. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации, подтверждена результатами теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с использованием современных приборов, прошедших своевременную поверку. При обработке экспериментальных данных использованы методы

математической статистики, а адекватность математической модели и результатов экспериментов оценивалась с применением пакета математических программ «Statistica».

Основные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы, представленные в заключении, являются новыми, и они полностью соответствуют представленным в диссертации результатам исследований.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований были использованы для проектирования синхронизированной двухвходовой генераторной установки, эффективное применение которой может позволить покрыть дефицит мощности объектов АПК.

#### **4. Основные результаты исследований и их значимость для науки и производства**

Новизна технического решения, изобретательский уровень и промышленная применимость технических подходов для реализации технологических операций подтверждены двумя патентами РФ на изобретение №2655379 «Синхронизированный аксиальный двухвходовой бесконтактный ветро-солнечный генератор» и №2647708 «Синхронизированная аксиальная двухвходовая генераторная установка».

Результаты исследований внедрены в ООО «Дефотек», с которым дополнительно заключено лицензионное соглашение на продажу лицензии на изобретение.

Результаты научно-исследовательской работы используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» при обучении магистров по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование» по дисциплинам «Электрооборудование систем нетрадиционной энергетики», «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений», «Электромагнитные устройства аксиальной конструкции», а также при выполнении выпускных квалификационных работ.

Результаты исследований получены автором лично, что подтверждается 31 научной работой, в том числе 9 – в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, 4 – в международные базы данных Scopus и WoS.

Основные положения работы доложены, обсуждены на международных, всероссийских и региональных научно-практических конференциях: «Технические и технологические системы ТТС-17» (2017, 2019, г. Краснодар, Россия); Engineering Research/International Conference on Actual Issues of Mechanical Engineering (AIME 2017); «Булатовские чтения» (2016-2017, г. Краснодар, Россия); Conference on Actual Issues of Mechanical Engineering

(AIME 2018); International Conference on Industrial Engineering Applikation and Manufacturing (ICIEAM 2019).

Синхронизированная аксиальная двухвходовая генераторная установка отмечена золотой медалью XIV Международного Салона изобретений и новых технологий «Новое время» и Призом Правительства (Золотым кубком) г. Севастополя (2018, г. Севастополь); дипломом Федеральной службы России по интеллектуальной собственности (г. Москва); золотой медалью Международной Варшавской выставки изобретений «IWIS 2018» (2018, г. Варшава, Польша); золотой медалью Международного конкурса инноваций и изобретений «IIC 2018» (2018, о. Тайвань).

### **5. Рекомендации по использованию результатов исследований**

Проведенные соискателем исследования имеют как научное, так и практическое значение. Предложенный высокоэффективный способ изготовления магнитопроводов аксиальных электрических машин позволяет полностью исключить отходы электротехнической стали, за исключением неизбежной вырубки паза.

### **6. Степень завершенности диссертации и качество оформления**

Материалы, изложенные в диссертации логически взаимосвязаны. В разделах раскрыты поставленные задачи, отражены и обоснованы результаты, и выводы. Содержание диссертации изложено в опубликованных в открытой печати статьях и апробировано на российских и международных конференциях.

Цель и задачи исследований реализованы автором в полном объеме. Научные положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации являются обоснованными.

В целом диссертационная работа содержит все необходимые для кандидатской диссертации составляющие, результаты исследований грамотно интерпретированы, выводы аргументированы и последовательны.

Автореферат в достаточной мере отражает материал диссертационной работы, её основные положения и научные результаты. Содержит выводы, соответствующие защищаемым положениям диссертации.

### **7. Общие замечания по содержанию диссертации**

Кроме вышеперечисленных замечаний по главам, уместно привести ряд общих замечаний:

1. Представленные в тексте диссертационной работы фразы типа «Разработана генераторная установка на основе ветро-солнечного генератора

(ВСГ), который названа авторами двухвходовой или двухмерной электрической машиной (ДЭМ)» (сохранена авторская пунктуация), содержат новые термины, содержание которых следовало бы полнее раскрыть и привести отдельно в диссертационной работе либо в приложении, либо в разделе «Термины и определения». В тексте много сокращений, которые несут в себе как одинаково записанную аббревиатуру, например, ДГУ и Д-ГУ, так и не традиционно используемые сокращения, например, ЭМПЭ, ОЭМПЭ и др., поэтому, на наш взгляд, следовало бы в работу добавить раздел «Перечень сокращений».

2. Так как разрабатываемое техническое устройство – синхронизированная двухвходовая генераторная установка, представляет собой гибридный генерирующий комплекс, функционирующий на лучистой энергии солнца и энергии ветра, следовало бы при анализе в главе 2 больше внимания уделить согласованной их работе, а не только выделять ту часть, которая обеспечивается кинематической энергией ветра.

3. Количество поставленных задач в диссертационном исследовании 5, а выводов в заключении – 7, не совсем понятно зачем было некоторые задачи разбивать на несколько отдельных выводов.

4. В работе отсутствует информация о том в каких пределах варьируется интенсивность солнечного излучения, приводящая к изменению напряжения на выходе фотоэлектрических моделей в диапазоне 12-36 В.

5. В выводе 5 (стр. 100) указано, что «...отклонение амплитуды напряжения не более 4,5%, отклонение частоты напряжения – не более 0,15 Гц)», а на стр. 68 в выводе 10 «Отклонение амплитуды напряжения не более 5%, отклонение частоты напряжения – не более 0,2 Гц)» – так какое же заключение верно?

6. В рекомендации производству немного неубедительно звучит, что «при использовании СДГУ необходимо провести предварительные расчеты для оценки дефицита мощности».

7. В названии приложения Л «Патенты и авторские свидетельства» можно было бы не указывать понятие авторского свидетельства, так как в настоящее время в Российской Федерации (ГК РФ Статья 1416) Авторское свидетельство выдаётся автору селекционного достижения. На технические устройства и установки сегодня этот термин не распространяется.

## 8. Заключение

Диссертация Христофорова Михаила Сергеевича представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, выполненную автором самостоятельно на актуальную для агропромышленного комплекса страны тему. Исследования проведены на высоком научно-методическом уровне и с

применением современных компьютерных технологий и систем. Полученные автором результаты содержат новые научные и технологические решения, и разработки, имеющие существенное практическое значение, направлены на покрытие дефицита электрической мощности, потребляемой биофабриками АПК.

Диссертационная работа Христофорова Михаила Сергеевича «Параметры и режимы работы синхронизированной двухвходовой генераторной установки с использованием ВИЭ для электроснабжения биофабрик агропромышленного комплекса» соответствует критериям актуальности темы, новизны и достоверности результатов, отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Христофоров Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

#### Официальный оппонент

декан электроэнергетического факультета,  
доктор технических наук (научная специальность 05.20.02),  
профессор, главный научный сотрудник  
кафедра «Энергообеспечение предприятий и электротехнологии»  
ФГБОУ ВО СПбГАУ

И.В. Юдаев

Подпись, должность, ученую степень и звание И.В. Юдаева

Удостоверяю

Проректор по научной и инновационной работе ФГБОУ ВО СПбГАУ, кандидат ветеринарных наук

Р.О. Колесников

01.02.2022

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

Почтовый адрес: 196601 г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

Телефон организации (факс): (812) 470-04-22;

Адрес электронной почты: [agro@spbgau.ru](mailto:agro@spbgau.ru)

Адрес официального сайта: <https://spbgau.ru/>

с ответом официального оппонента откомисс  
07.02.2022. *Колесников* Христофоров М.С.

Председателю диссертационного  
совета Д 220.038.08 на базе  
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ  
С. В. Оськину

Сведения об официальном оппоненте

по диссертационной работе Христофорова Михаила Сергеевича на тему: «Параметры и режимы работы синхронизированной двухвходовой генераторной установки с использованием ВИЭ для электроснабжения биофабрик агропромышленного комплекса», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

Фамилия, Имя, Отчество	Коноплев Евгений Викторович
Ученая степень	кандидат технических наук, 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
Наименование диссертации	Применение ветроэнергетической установки в системе автономного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей малой мощности
Ученое звание	Доцент
Полное наименование организации в соответствии с уставом на момент представления отзыва	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ставропольский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ)
Наименование подразделения	кафедра «Применения электроэнергии в сельском хозяйстве»
Должность	Доцент
Адрес организации места работы	355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.
Телефон и официальный сайт организации места работы	8 (8865) 35-22-82; 8 (8865) 35-22-83 <a href="http://stgau.ru/">http://stgau.ru/</a>

Основные публикации официального оппонента,  
затрагивающие сферу диссертационного исследования соискателя

1. Konoplev, E.V. Device of synchronous generator with increased magnetic efficiency for use in wind power plants with capacity of up to 5 kW / I.V. Devederkin, G.V. Nikitenko, E.V. Konoplev, et. al./ Engineering for rural development// 20th International Scientific Conference.- 2021.- pp. 1672-1678

2. Konoplev, E.V. Wind power plant with synchronous-asynchronous generator / G.V. Nikitenko, E.V. Konoplev, A.V. Permyakov et. al./ Engineering for rural development// 20th International Scientific Conference.- 2021.- pp. 786-791.

3. Konoplev, E.V. Method of calculation of magnetic systems of volume models by finite difference method taking into account separation of dissimilar media / G.V. Nikitenko, E.V. Konoplev, P.V. Konoplev et. al./ Engineering for rural development// 20th International Scientific Conference.- 2021.- pp. 792-796.

4. Konoplev, E.V. Stabilization of the rotor speed of an asynchronous generator of a wind power plant / G.V. Nikitenko, E.V. Konoplev, A. Sergienko et. al./ IOP conference series: earth and environmental science // Innovative Technologies in Agroindustrial, Forestry and Chemical Complexes and Environmental Management (ITAFCCSEM 2021). - 2021. - pp. 012073

5. Коноплев, Е.В. Синхронный генератор с многоконтурной магнитной системой [Текст] / Г.В. Никитенко, Е.В. Коноплев, А.А. Лысаков и др. // Сельский механизатор.- 2020.- № 2.- С. 26-27.

6. Коноплев, Е.В. Автономная ветроэнергетическая система с синхронным генератором на постоянных магнитах [Текст] / Г.В. Никитенко, Е.В. Коноплев, И.В. Деведёркин и др. // Сельский механизатор.- 2019.- № 4.- С. 30-31.

7. Коноплев, Е.В. Автономное электроснабжение на основе солнечных панелей [Текст] / Г.В. Никитенко, Е.В. Коноплев, В.К. Салпагаров и др. // Сельский механизатор.- 2019.- № 9.- С. 32-33.

8. Коноплев, Е.В. Солнечный трекер [Текст] / Г.В. Никитенко, Е.В. Коноплев, В.К. Салпагаров и др. // Сельский механизатор.- 2019.- № 8.- С. 30.

9. Коноплев, Е.В. Ветросолнечная система автономного электроснабжения [Текст] / Г.В. Никитенко, Е.В. Коноплев, В.К. Салпагаров и др. // Сельский механизатор.- 2018.- № 4.- С. 37.

10. Konoplev, E.V. Solar and wind stand-alone power system / G.V. Nikitenko, E.V. Konoplev, V. Salpagarov et. al./ IOP conference series: earth

Кандидат технических наук по  
специальности 05.20.02,  
доцент кафедры «Применения  
электроэнергии в сельском хозяйстве»  
ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ, доцент  
«19» января 2022 г.



Е.В. Коноплев

Подпись, ученую степень, звание и должность  
Коноплева Евгения Викторовича удостоверяю  
ученый секретарь Ученого совета  
ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ,  
доктор эконом. наук, профессор



А.Н. Байдаков

## ОТЗЫВ

официального оппонента Коноплева Евгения Викторовича, кандидата технических наук, доцента кафедры «Применения электроэнергии в сельском хозяйстве» ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ (г. Ставрополь) на диссертационную работу Христофорова Михаила Сергеевича на тему: «Параметры и режимы работы синхронизированной двухвходовой генераторной установки с использованием ВИЭ для электроснабжения биофабрик агропромышленного комплекса», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве, представленную к защите в диссертационный совет Д 220.038.08 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ).

**Актуальность темы диссертационной работы.** Разработка технических средств, которые одновременно преобразует энергию ветра и Солнца для покрытия дефицита мощности биофабрик является актуальной задачей, так как растущий объем сельскохозяйственного сектора экономики требует увеличения перерабатывающих мощностей, а существующий лимит электроэнергии не позволяет увеличить выпуск продукции.

Применение комбинированных электростанции на базе традиционных схем преобразования энергии позволит выровнять естественные колебания поступлений энергии от ВИЭ. ВИЭ с синхронизацией с сетью позволят уменьшить дополнительные затраты на электрооборудование, систему автоматического резервирования и ведут к увеличению надежности системы электроснабжения.

**Новизна исследований и полученных результатов полученных автором** состоит в следующем:

1. Математическая модель функционирования синхронизированной двухвходовой генераторной установки (СДГУ) с трехфазной сетью пере-

менного тока центрального электроснабжения для обоснования параметров и режимов работы СДГУ.

2. Обоснованные параметры и режимы работы синхронизированной двухвходовой генераторной установки.

3. Внешние и регулировочные характеристики СДГУ для проектирования генераторных установок.

Новизна технических решений подтверждена 2 патентами РФ на изобретения.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается:**

- использованием в работе данных из достоверных литературных источников, в том числе зарубежных;

- использованием общепринятых методов, построенных на фундаментальных законах электротехники и электромеханики с применением программ «MathCad», «Microsoft Excel» и «Statistica7.0»;

- совпадением расчетных и экспериментальных данных, полученных на разработанной и изготовленной экспериментальной электроустановке.

**Апробация работы и публикации по теме исследования:** по теме диссертации работы получено 2 патента на изобретения и опубликованы 29 статей, в том числе 9 статей в журналах, рекомендованных ВАК и 4 статьи в изданиях индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science.

**Значимость полученных результатов для теории и практики.**

Теоретическую и практическую значимость исследований представляют:

– разработаны на уровне изобретения СДГУ, которые позволяют осуществлять резервное электроснабжение электрооборудования предприятий АПК, а также способны работать параллельно с внешней трехфазной сетью переменного тока;

– разработана математическая модель СДГУ, позволяющая получить функциональные связи между динамическими характеристиками и параметрами разработанной СДГУ;

– получены рабочие характеристики СДГУ, дающие возможность учитывать влияние параметров СДГУ и внешних факторов на параметры выходного напряжения установки и также оценивать энергетические показатели генераторной установки при различных значениях нагрузки;

– получены регулировочные характеристики, которые позволяют разработать алгоритмы регулирования параметров выходного напряжения СДГУ.

### **Структура и объем работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 115 наименований. Диссертация изложена на 181 странице текста.

*Во введении* описана актуальность работы, степень проработанности темы исследования. Сформулированы цели и задачи исследования, основные требования и методы его проведения. Обоснована научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения об апробации и публикациях по теме диссертации.

*В первой главе* выполнен аналитический обзор существующих резервных источников питания и конструкций преобразователей энергии ветра и Солнца в электроэнергию. Проанализированы особенности электроснабжения предприятий по переработке продукции АПК Юга России, в частности биофабрик.

*Во второй главе* сформулированы основные требования к синхронизированной двухвходовой генераторной установке (СДГУ) для электроснабжения биофабрики и представлена функциональная схема ДГУ. Получено математическое описание, на основе которой разработана математическая модель. Исследование математической модели СДГУ с использованием программного обеспечения MathCAD при различных значениях скорости ветра и напряжения на зажимах ФЭП позволило получить регулировочные и внешние характеристики установки, которые показали необходимость в применении синхронизатора для стабилизации выходного напряжения.

**В третьей главе** приведены результаты вычислительного эксперимента и натурного образца. Определены значения целевых функций квадратичной модели. Приведены зависимости вращающего и синхронизирующих моментов СДГУ от входных параметров, полученные в ходе вычислительного эксперимента. Для подтверждения основных теоретических положений было проведено экспериментальное исследование натурного образца СДГУ мощностью 3 кВт.

Адекватность математической модели и результатов математического экспериментов оценивалось с применением программного комплекса «Statistica». Приведенные экспериментальные характеристики находятся в допустимом «коридоре» погрешности.

**В четвертой главе** приведена оценка экономической эффективности внедрения СДГУ. Определен ущерб при отказах оборудования, связанных с недополучением прибыли из-за простоя оборудования или порчи продукции. В результате расчетов видно, что уменьшается стоимость инвестиций в создание генерирующих мощностей на базе ВИЭ за счет снижения дефицита мощности и отказа от силовых преобразователей в системе. Поступление денежных средств выраженный в чистодисконтированном доходе составил 1246 тыс. рублей. Срок окупаемости 4,16 года

**В заключении** приведены основные выводы и научно-практические результаты работы.

Материалы диссертационной работы изложены аргументировано и соответствуют предъявляемым к ней требованиям. Текст работы написан достаточно грамотно. Выводы и предложения в достаточной мере подтверждены результатами исследований, обладают новизной и соответствуют содержанию работы.

К достоинствам работы следует отнести детальное математическое описание СДГУ. Это позволяет исследовать различные режимы работы установки и определить параметры электрической машины. Исследование имеет как научное, так и прикладное практическое значение. Проведенные научные исследования подтверждены экспериментальными исследованиями с хорошим приборным обеспечением.

### **Замечания по диссертационной работе.**

1. В первой главе не представлены характеристики потребителей электрической энергии биофабрик, суточный график на рисунке 1.1 не является информативным, не определены потребители первой категории по надежности электроснабжения. Не ясно, какой именно существует дефицит мощности и о каком лимите электроэнергии для предприятия идет речь, какова пропускная способность существующих электрических сетей, какую мощность в качестве резервного источника электроснабжения должна обеспечивать синхронизированная двухвходовая генераторная установка.

2. В работе предлагается использование энергии ветра и солнца для выработки недостающих объемов электроэнергии на предприятии. Не ясно, каким образом будет функционировать установка в пасмурную безветренную погоду.

3. Скорость ветра не может быть описана выражением 2.1, так как скорость ветра является вероятностной величиной, как правило описывается при помощи вероятностных законов распределения Рэля, Максвелла, нормального распределения и т.д., ветер носит импульсный характер.

4. Первое и второе выражения системы уравнений 2.2 составлены неверно, так как не учитывают геометрические параметры ветроколеса, его быстроходность, коэффициент использования ветрового потока. Данное замечание влечет неточности в выражениях 2.4, 2.6.

5. Не ясно, из каких соображения принята средняя скорость ветра 5,23 м/с. В Краснодарском крае согласно статистическим данным среднегодовая скорость ветра на высоте 10 м не превышает 4,3 м/с (район Анапы).

6. Необоснован выбор диапазона скорости ветра от 3 до 9 м/с, при котором проводятся исследования. Будет ли математическая модель верна и система электроснабжения на основе СДГУ функциональна при скорости ветра более 9 м/с.

7. В работе на рисунке 2.10 представлена структурная схема системы электроснабжения, однако не определены параметры ветродвигате-

ля, его диаметр, профиль, быстроходность, механическая мощность, зависящая в свою очередь от коэффициента использования ветрового потока и т.д., так же не указаны параметры фотоэлектрических преобразователей, их количество, мощность, воль-амперная характеристика и т.д.

8. В работе выбрана мощность синхронизированной двухвходовой генераторной установки 3 кВт и синхронизатора 0,525 кВт. Непонятно, каким образом будет осуществляться работа СДГУ с синхронизатором указанной мощности при отсутствии ветровой нагрузки и солнечной инсталляции.

9. На странице 69 необоснованно выбран диапазон изменения величин сопротивления обмоток 13 %, так же не ясно, каким образом производилось изменение сопротивления обмоток СДГУ.

10. В работе следовало бы по результатам многофакторных экспериментальных исследований определить соответствующие управления регрессии, позволяющие сравнить теоретические и практические результаты. Так же не совсем ясно из работы, каким образом проведена проверка адекватности моделей.

11. График на рисунке 3.2 является не достоверным, так как ветродвигатель преобразует энергию ветра в крутящий механический момент с угловой скоростью, зависящей от куба скорости ветра и нелинейного коэффициента использования ветрового потока.

12. Утверждение на стр. 77, что наибольшее влияние на напряжение и частоту генерируемых колебаний СДГУ оказывает скорость ветра и напряжение ФЭП некорректно, так как на данные параметры влияние оказывает механическая мощность на валу ветродвигателя и генерируемая мощность ФЭП.

13. Выражение 3.1 на странице 81 является некорректным, так как скорость ветра не может зависеть от частоты вращения вала СДГУ и радиуса ветроколеса.

14. В работе не представлены исследования СДГУ в режиме холостого хода и короткого замыкания.

15. По тексту имеются незначительные опечатки и неточности, на рисунках 1.8, 1.9 не приведена расшифровка позиционных обозначений, на стр. 53 встречаются некорректные формулировки, например «при постоянной скорости ветра», «переменное напряжение на зажимах фотоэлектрического преобразователя», стр. 66 «функцию суммирования механической и электрической энергии постоянного тока», «постоянного многополюсного магнита», на рисунках 2.6-2.9 не читаемы значения по осям, не все позиционные обозначения рисунка 2.12 представлены в тексте работы, на стр. 70 некорректные формулировки целевых функций, стр. 77 рисунок 3.6 следовало бы привести позиционные обозначения оборудования.

### **Заключение**

Диссертация Христофорова Михаила Сергеевича на тему: «Параметры и режимы работы синхронизированной двухвходовой генераторной установки с использованием ВИЭ для электроснабжения биофабрик агропромышленного комплекса», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей достоверные и научно обоснованные результаты решения актуальных вопросов снижения дефицита мощности для предприятий.

Диссертация хорошо иллюстрирована и оформлена, написана понятным языком. По каждой главе и работе в целом представлены выводы, отражающие полученные результаты. Основные положения диссертации опубликованы в рецензируемых научно-технических журналах, рекомендованных ВАК России. Автореферат соответствует содержанию основного текста диссертации.

Диссертация Христофорова Михаила Сергеевича на тему: «Параметры и режимы работы синхронизированной двухвходовой генераторной установки с использованием ВИЭ для электроснабжения биофабрик агропромышленного комплекса» соответствует требованиям п.п. 9 и 10 «По-

ложения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Христофоров Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве».

Официальный оппонент, к.т.н.,  
доцент



Е. В. Коноплев

«03» февраля 2022 г.

Фамилия, Имя, Отчество	Коноплев Евгений Викторович
Ученое звание	Доцент
Место работы	ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ, кафедра «Применения электроэнергии в сельском хозяйстве»
Специальность, по которой защищена диссертация	05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
Адрес организации места работы	355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.
Телефон и электронная почта	8-903-418-97-46; Konoplev82@mail.ru

Подпись, ученую степень, звание и должность  
Коноплева Евгения Викторовича удостоверяю  
ученый секретарь Ученого совета  
ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ  
доктор эконом. наук, профессор



А.Н. Байдаков

С отзогом официального оппонента ознакомлен  
07.02.2022.  Христофоров М. С.