

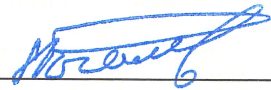


**Некоммерческое партнерство
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ
Единой энергетической системы»**

111 250, Москва, проезд Завода Серп и Молот,
дом 10, офис 608, Тел. (495) +7 495 012 60 07
E-mail: dtv@nts-ees.ru, http://www.nts-ees.ru/
ИНН 7717150757

УТВЕРЖДАЮ

Президент, Председатель
Научно-технической коллегии,
д.т.н., профессор


_____ Н.Д. Рогалев

«03» апреля 2025 г.

ПРОТОКОЛ

заседания Секции «Гидроэлектростанции, гибридные энергетические комплексы и возобновляемые источники энергии» НП «НТС ЕЭС»,

25 марта 2025 года

г. Москва

Присутствовали: члены секций «Гидроэлектростанции, гибридные энергетические комплексы и возобновляемые источники энергии», «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС», ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», сотрудники НП «НТС ЕЭС», НИК С6 РНК СИГРЭ, Комитет ВИЭ РосСНИО, , АО «Росатом возобновляемая энергия» , всего **29** человек.

Со вступительным словом выступил сопредседатель секции «Гидроэлектростанции, гибридные энергетические комплексы и возобновляемые источники энергии», профессор кафедры «Гидроэнергетики и возобновляемые источники» ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»., д.т.н., профессор, Тягунов М.Г.

Во вступительном слове было отмечено, что широко применяемые на территории РФ программно-вычислительные комплексы (ПВК) являются зарубежного происхождения, которые не учитывают особенности функционирования на ЕЭС РФ. Отсутствие верификации иностранных ПВК при использовании в отечественных электрических сетях ограничивает их либо ограничивает их использования, либо дают ошибочные результаты. В текущих условиях отсутствия возможности покупки полноценных зарубежных ПВК и необходимых для их использования зарубежных баз данных (например, NASA) возникает необходимость разработки отечественных ПВК и определение областей использования ограниченного функционала зарубежных ПВК. Научные исследования, проводимые в данном направлении, осуществляли верификацию ПВК только на отдельных территориях РФ, что не позволяло

комплексно оценить применимость ПВК в масштабах всей РФ. В связи с этим, исследования, направленные на оценку использования отечественных и зарубежных ПВК, являются особенно актуальными. Одной из таких работ выполнялась на базе кафедры «Гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии» ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ».

С докладом **«Использование верифицированных программно-вычислительных комплексов для повышения эффективности гибридных энергокомплексов на основе ВИЭ»** выступили Андреев Василий Николаевич, аспирант кафедры «Гидроэнергетики и возобновляемые источники» ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», руководитель проектов Центра стратегии и инвестиций ПАО «Интер РАО».

Основные положения доклада приведены ниже. Презентация доклада прилагается (**Приложение 1**).

1. Продемонстрированы цели и задачи исследования. Целью исследования является разработка и апробация комплекса мер по повышению эффективности проектов сооружения гибридных энергетических комплексов (ГЭК) с энергоустановками на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и систем накопления энергии (СНЭ) с использованием верифицированных ПВК. Задачами исследования являются: а) выявление принципов и технологии создания ГЭК на основе ВИЭ с учетом их структуры и функционального назначения элементов; б) выполнение анализа рынка существующих ПВК для энергосистем на основе ВИЭ и проведение их классификации по основным категориям; в) оценка функциональных возможностей российских и зарубежных ПВК для моделирования и исследования энергосистем на основе ВИЭ и СНЭ, а также определение их основных преимуществ и недостатков; г) выполнение апробации и верификации наиболее распространенных ПВК на примере реальных энергосистем на основе ВИЭ с различным составом оборудования; д) разработка комплекса мер и рекомендаций по повышению эффективности реализации энергосистем с ВИ; е) выполнение апробации разработанного комплекса мер поддержки на примере реальных инвестиционных проектов.

2. Рассмотрена общая характеристика изолированных и труднодоступных территорий (ИТТ). Установлено, что 65% территории РФ являются ИТТ, в которых входят 700 тыс. человек, 23 региона РФ с общим вкладом во внутри валовой продукт (ВВП) России равный 15% от общего, для реализации которого требуется более 900 МВт электроэнергии.

3. Выявлены ключевые проблемы электроснабжения ИТТ: а) высокий уровень износа энергооборудования (более 60%); б) высокая стоимость электроэнергии (среднее значение более 65 руб./кВт·ч); в) низкая экологичность

используемого энергооборудования (более 40 млн. тонн выброса парниковых газов).

4. Представлены способы гарантированного энергоснабжения потребителей от энергоустановок ВИЭ. Таким образом, возможна работа в централизованной электросети в режиме фактического поступления ВИЭ, создание средств регулирования величины потребления электроэнергии, а также объединение одного или нескольких типов энергоустановок ВИЭ в ГЭК совместно с дублирующими источниками гарантированного энергоснабжения на органическом топливе и/или СНЭ.

5. Рассмотрены принципы и технологии создания ГЭК на основе ВИЭ на ИТТ, а также примеры компоновки ГЭК на ИТТ России и мира (состав ГЭК, количество и мощность энергоустановок ВИЭ, количество дизель-генераторных установок (ДГУ), устройств потребления энергии (УПЭ) и уровень замещения. Сделаны ключевые выводы по созданию ГЭК в ИТТ: а) компоновка ГЭК зависит от финансовых условий, категории надежности потребителей, логистики, природных факторов, потенциала ВИЭ на местах и т.д.; б) создание физических моделей вариантов ГЭК сложно, дорого и требует много времени; в) оптимизацию состава, параметров и режимов работы ГЭК быстрее, дешевле и безопаснее выполнять с помощью специальных ПВК; г) множество ПВК на рынке для оптимизации ГЭК с ВИЭ требует анализа их функциональности и верификации для выделения эффективного инструмента.

6. Представлена классификация ПВК для моделирования систем с ВИЭ: по типу моделируемых систем, по функционалу, по области применения. По типу моделируемых систем ПВК с ВИЭ могут быть локальными (позволяют решать задачи по определению проектных параметров и режимов работы отдельных типов ВИЭ) и комплексными (предназначены для моделирования и оптимизации проектных параметров и режимов работы ГЭК с разнотипными энергоустановками ВИЭ, энергоустановками на органическом топливе и СНЭ). По функционалу – предварительными технико-экономическими (используются для выполнения предварительного финансового анализа на стадии инициации проекта с целью оценки целесообразности применения того или иного типа ВИЭ (или их комплекса) в рассматриваемой местности), размерными (предназначены для определения оптимального размера (габарита) отдельных энергоустановок ВИЭ и их компонентов, так их комплекса с учетом энергетических потребностей потребителя), имитационными (в отличие от размерных, пользователь самостоятельно определяет характер и размер каждого компонента, что позволяет ПВК проводить детальный анализ поведения как отдельных энергоустановок ВИЭ, так и их комплекса при различных условиях) и исследовательскими (имеют открытую архитектуру, которая позволяет пользователю изменять алгоритмы, определяющие поведение и взаимодействие отдельных компонентов, изменять режимы или добавлять новые режимы). По

области применения – коммерческими (предназначены для использования в коммерческих и промышленных целях) и научно-образовательными (предназначены для использования в образовательных учреждениях и научных исследованиях).

7. Проанализированы функциональные возможности известных ПВК для моделирования систем с ВИЭ про применение в составе ГЭК: фотоэлектрических установок (ФЭУ), ветроэнергетических установок (ВЭУ), гидроэнергетических установок (ГЭУ), СНЭ, солнечной системы теплоснабжения (ССТ), ДГУ. Выявлены основные преимущества и недостатки рассмотренных ПВК (HOMER Pro, HOGA, HYBRID2, HYPORA, MATLAB, RETScreen, INSEL, WIND PRO, RES Energy Complex PRO, Wind Turbine, VizProRES 2019, Optimization of energy systems). Установлено, что наиболее полно позволяют моделировать ГЭК ПВК «HOMER Pro» (США), «HOGA» (Испания) и «RES Energy Complex PRO» (Россия), по следующим причинам:

- «HOMER Pro» – позволяет осуществить выбор оптимальной структуры ГЭК с анализом широкого спектра источников энергии, популярна во многих странах, включая США, Канаду, Австралию, Новую Зеландию, страны Европы;
- «HOGA» – осуществляет моделирование и оптимизацию ГЭК с ВИЭ и СНЭ, в том числе подключенных к внешней электросети, имеет широкое использование на территории Европы и Британских островов;
- «RES Energy Complex PRO» – является многофункциональным ПВК для моделирования и оптимизации ГЭК с ВИЭ и СНЭ на всех этапах жизненного цикла, находится на стадии развития и ещё не приобрела широкой популярности на рынке.

8. Представлена сравнительная верификация достоверности фактических данных солнечно-дизельного комплекса п. Батагай (ДГУ – 11 МВт и ФЭУ – 1 МВт) за 2020 год с расчетными данными ПВК «HOMER Pro», «HOGA» и «RES Energy Complex PRO». Установлено, что ПВК «RES Energy Complex PRO» выдает наименьшую погрешность по показателям выработки электроэнергии ФЭУ (+1,13%) и коэффициенту использования установленной мощности (КИУМ) ФЭУ (+0,21%) относительно фактических замеров в п. Батагай, в то же время, как зарубежные ПВК «HOMER Pro» и «HOGA» +3,97% и 4,63%, соответственно.

9. Представлена сравнительная верификация достоверности фактических данных ветро-дизельного комплекса с. Новиково (ДГУ – 5,016 МВт и ВЭУ – 0,45 МВт) за 2020 год с расчетными данными ПВК «HOMER Pro», «HOGA» и «RES Energy Complex PRO». Установлено, что ПВК «RES Energy Complex PRO» КИУМ ВЭУ выдает результат +3,6% относительно фактических замеров в с. Новиково, в то же время, как зарубежные ПВК «HOMER Pro» и «HOGA» +41,6%

и 30,5%, соответственно.

10. Выявлены необходимые факторы развития энергетической инфраструктуры на ИТТ РФ в соответствии с поручением Президента РФ от 19.10.2023 № Пр-1991 (подпункт «г» пункта б) «Программа модернизации объектов локальной генерации» со стороны государства: субсидирование до 30% от общих капитальных вложений, субсидирование процентной ставки по кредиту на уровне 2–5%, а также предоставление дополнительных налоговых преференций.

11. Установлены потенциальные государственные механизмы поддержки проектов строительства автономных ГЭК на ИТТ: господдержка резидентов Арктической зоны РФ (АЗРФ) (Постановление Правительства Российской Федерации от 21.12.2020 № 2186), господдержка проектов в Дальневосточного федерального округа (ДФО) и АЗРФ (Постановления Правительства Российской Федерации от 16.10.2014 № 1055 и от 21.12.2016 № 1413), инфраструктурные облигации ДОМ.РФ (Постановление Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 № 2459), изменения в нормативно-правовых актах (НПА) (внесения изменений в НПА в целях сохранения всех возможных эффектов по экономии затрат от реализации автономных ГЭК), серийное производство модульных автономных ГЭК (Приказ автономной некоммерческой организации «Центр поддержки инжиниринга и инноваций» от 30.06.2023 № 07/6), использование дальневосточной (ДВ)-надбавки (выделение организациям целевого источника из средств «ДВ-надбавки»).

12. Представлен расчёт эффективности механизмов поддержки проектов автономных ГЭК на ИТТ РФ с использованием ПВК «RES Energy Complex PRO». Установлено, что внутренняя норма доходности (ВНД) из текущих 5,6% может вырасти при использовании государственных механизмов поддержки проектов строительства автономных ГЭК на ИТТ от 8,3% (изменения в НПА) до 15,3% (использование «ДВ-надбавки»), а при использовании серийного производства модельных автономных ГЭК (грантовая программа «доращивания») до 6,2%. Итоговая экономия тонн натурального топлива в год может составлять 23 430.

В обсуждении доклада и прениях выступили:

Грибков С.В., Безруких П.П. (Комитет ВИЭ РосСНИО), Суслов К.В., Тягунов М.Г., Хазиахметов Р.М. (ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»), Сигитов О.Ю. (АО «Росатом возобновляемая энергия»), Вольный В.С. (НП «НТС ЕЭС»), Шевердиев Р.П. (Министерство РФ по развитию Дальнего Востока и Арктики).

Суслов К.В. – профессор кафедры ГВИЭ ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», д.т.н., доцент.

Задал следующие вопросы:

- Какой ПВК целесообразно использовать для расчета ГЭК?
- Каким образом ПВК можно применять на практике?
- Проверялась ли эффективность ПВК «RES Energy Complex PRO» при ее использовании в зарубежных проектах построения ГЭК?

Грибков С.В. – генеральный директор ООО «НИЦ ВИНДЭК», ученый секретарь Комитета ВИЭ РосСНИО, д.т.н.

Отметил, интересность доклада.

Задал следующие вопросы:

- Что является входными и выходными данными (параметрами) для каждого ПВК?
- Как учитываются характеристики компонентов ГЭУ (ФЭУ, ВЭУ, СНЭ)?

Тягунов М.Г. – профессор кафедры ГВИЭ ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», д.т.н., профессор.

Задал следующие вопросы:

- За счет чего в предлагаемом варианте ДЭС ПВК «RES Energy Complex PRO» получаются данные более близкие к фактическим значениям, чем при использовании зарубежных ПВК?
- В чем причина того, что «RES Energy Complex PRO» более точно прогнозирует выходные параметры ДЭС?
- Каким образом в ПВК «RES Energy Complex PRO» реализована оптимальность выходных данных, что делает более эффективно, чем зарубежные аналоги?

Хазиахметов Р.М. – советник генерального директора ПАО «Татнефть», старший преподаватель кафедры ГВИЭ ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ».

Задал следующий вопрос:

- Как образом на основе ПВК «RES Energy Complex PRO» возможно создать отечественную систему сертификации ПВК для расчета ГЭК с ВИЭ?

Сигитов О.Ю. – руководитель направления отдела нормативно-технического регулирования АО «Росатом возобновляемая энергия», к.т.н.

Задал следующий вопросы:

- Достаточный ли комплекс мер для повышения экономической привлекательности создания мэр представленных в докладе?
- В каких регионах тариф на электроэнергии составляет 65 руб./кВт·ч?

– Какие ограничения и целевые функции использовались в ПВК «RES Energy Complex PRO»?

Безруких П.П. – руководитель Комитета ВИЭ РосСНИО, д.т.н., профессор.

Задал следующие вопросы:

– В чем отличия изолированных и локальных энергосистем по отношению к общей энергосистеме?

– Что подразумевается под «генерацией» электроэнергии и «ресурсом» ВИЭ?

Мищеряков С.В. – действительный член АЭН РФ, действительный член Российской академии проблем качества, Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, д.т.н., профессор.

Задал следующие вопросы:

– Учитывались ли системные риски при ставке дисконтирования 14%?

– Возможно ли на приведенных экономических данных сравнение отечественных и зарубежных ПВК?

Вольный В.С. – ученый секретарь секции «Гидроэлектростанции, гибридные энергетические комплексы и возобновляемые источники энергии» НП «НТС ЕЭС».

Отметил значимость работы.

Задал следующие вопросы:

– Как применимость оценить применимость ПВК «RES Energy Complex PRO» в отечественных?

– Как оценить коммерческие и исследовательские ПВК по электрическим параметрам?

– Существует ли в ПВК «RES Energy Complex PRO» возможность использования альтернативных ДЭС электроэнергетических установок: мини-ГЭС, газопоршневые установки?

Шевердиев Р.П. – начальник отдела энергетической инфраструктуры Департамента развития Арктической зоны Российской Федерации и реализации инфраструктурных проектов Министерства Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики, к.т.н.

Отметил значимость работы.

Высказал следующие предложения (замечания):

– Важным аспектом работы является апробация и верификация

зарубежных и российских программ на реальных примерах. Можно отметить, что такой подход не только подтверждает надежность программ, но и выявляет их сильные и слабые стороны. Следует также указать, какие ошибки или недостатки были выявлены в процессе верификации, с чем они связаны и какое влияние они могут иметь на результаты моделирования. Это позволит пользователям оценить не только достоинства и недостатки, но и возможные риски при использовании данных программ.

– Одной из задач исследования является определение наилучшего универсального инструмента моделирования, который подходит для различных типов энергетических комплексов. Рекомендуется выделить ключевые технические и функциональные характеристики универсального инструмента моделирования, включая допустимый диапазон ошибок, что позволит проводить обоснованное сравнение различных программ и оценивать их соответствие заявленным требованиям.

– В разделе, посвященном оценке комплекса мер поддержки, рекомендуется дополнительно рассмотреть возможность повышения эффективности реальных проектов программы модернизации объектов локальной генерации путем корректировки утвержденных структур ГЭК и параметров оборудования. Например, в утвержденной программе предусмотрена реализация унифицированных ГЭК, включающих ДГУ, ФЭУ и СНЭ, а емкость СНЭ по всем проектам принята равной 55% от мощности ФЭУ. Конкретные обоснования по выбранным структурам и параметрам ГЭК в программе отсутствуют. Разработка предложений по корректировке параметров проектов, в том числе за счет применения иных видов ВИЭ, с численной оценкой их эффектов с использованием верифицированного ПВК могло бы усилить аргументацию представленных рекомендаций.

Заслушав выступления экспертов по результатам дискуссии заседание Секции «Гидроэлектростанции, гибридные энергетические комплексы и возобновляемые источники энергии» НП «НТС ЕЭС» **отмечает:**

1. Проведенное исследование посвящено важной проблеме выбора доверенного программного средства для оценки эффективности сооружения перспективных гибридных энергетических комплексов на основе ВИЭ.
2. Положительным фактом является наличие российской программной системы, которая может рассматриваться как альтернатива зарубежным программным системам, право использования которых в настоящее время достаточно ограничено.
3. Однако, объекты сравнения на территории страны эксплуатируются в не самых лучших режимах, что, возможно, и является причиной

завышенности эффекта, получаемого с помощью зарубежных программных систем.

Заседание Секции «Гидроэлектростанции, гибридные энергетические комплексы и возобновляемые источники энергии» НП «НТС ЕЭС» **решило:**

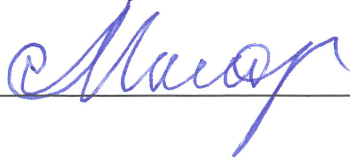
1. Положительно оценить проведенную работу, особенно с учетом важности проблемы импортозамещения в сфере информационных технологий.
2. Продолжить работу с включением в число объектов сравнения вновь вводимых ветро- и солнечно-дизельных энергетических комплексов.
3. Рекомендовать автору строже систематизировать задачи исследования и значение полученных результатов.

С заключительным словом выступил сопредседатель секции «Гидроэлектростанции, гибридные энергетические комплексы и возобновляемые источники энергии», профессор кафедры «Гидроэнергетики и возобновляемые источники» ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», д.т.н., профессор, Тягунов М.Г., в котором отметил, что:

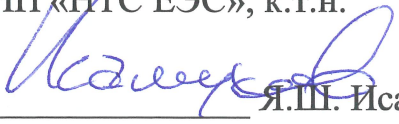
Проведенная работа была организована как инициативное исследование. Поэтому получение большого количества данных для сравнения расчетных и фактических показателей режима было связано с некоторыми трудностями. Не все данные могли быть использованы из-за несогласованности их получения, однако, общий объем все же позволил сделать некоторые выводы, главным из которых является необходимость верификации широко распространенных программных систем зарубежного производства, чтобы избежать ошибок в оценках эффективности проектируемых гибридных энергетических комплексов.

Автору работы следует пожелать продолжать работу, в том числе связанную с представлением полученных результатов на международных конференциях и семинарах.

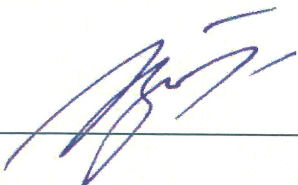
Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», д.т.н., профессор


В.В. Молодюк


Ученый секретарь
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.


Я.Ш. Исамухамедов

Сопредседатель секции
«Гидроэлектростанции, гибридные
энергетические комплексы и
возобновляемые источники энергии» НП
«НТС ЕЭС»,
д.т.н., профессор


_____ М.Г. Тягунов

Ученый секретарь секции
«Гидроэлектростанции, гибридные
энергетические комплексы и
возобновляемые источники энергии»
НП «НТС ЕЭС»


_____ В.С. Вольный