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

Основана в *1724 году*

Российская Академия Наук
Секция по проблемам НТП в энергетике
Научного совета РАН по
системным исследованиям в энергетике

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

_____ Н.Д. Рогалев
«21» июня 2021 г.

ПРОТОКОЛ № 3

совместного заседания Секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике на тему: **«Повышение эффективности фотоэлектрического оборудования для применения в системах распределенной генерации и микрогенерации»**

14 апреля 2021 года г. Москва

Присутствовали: члены секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», сотрудники НП «НТС ЕЭС», ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», АО «НТЦ ФСК ЕЭС», НИК С6 РНК СИГРЭ, НИЦ «Атмограф», ФГБУН «ИНЭИ РАН», ООО «ВИЭСХ – ВИЭ», ФГАОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», Общевойсковой академии ВС РФ, ФГБОУ ВО «Нижегородский ГТУ им. Р.Е. Алексеева», АО «Техническая инспекция ЕЭС», Азербайджанского технического университета, всего **31** человек.

Со вступительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические

ресурсы», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н. Илюшин П.В.

Во вступительном слове было отмечено, что несмотря на значительный рост количества вводов объектов распределенной генерации на базе газотурбинных, газопоршневых и парогазовых установок, имеются предпосылки к развитию потребительской микрогенерации на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) установленной мощностью до 15 кВт. Одной из таких предпосылок являются изменения в Федеральный закон от 26.03.2003 №35 «Об электроэнергетике», позволяющие потребителю продавать сбытовым организациям избыток произведенной электроэнергии.

Кроме того, в отечественной электроэнергетике в составе энергосистем функционирует достаточно большое количество фотоэлектрических станций единичной мощностью от 10 до 100 МВт. Эти фотоэлектрические станции построены в рамках реализации механизма поддержки объектов на базе ВИЭ, через заключение договор предоставления мощности, обеспечивающих инвесторам в течение 15 лет гарантированный возврат инвестиций с высокой доходностью за счёт специальной надбавки к цене на мощность для покупателей оптового рынка электроэнергии и мощности. Персонал данных объектов обладает достаточно большим опытом их эксплуатации, в том числе в организации управления ими при выделении в островной режим работы.

Однако рост доли объектов ВИЭ, в том числе на базе фотоэлектрических станций, например, в ОЭС Юга и Урала, ставит ряд проблемных технических вопросов, связанных с планированием режимов их работы, а также управлением режимами как данных объектов, так и региональных энергосистем, в составе которых они функционируют.

В связи с этим важным является изучение и анализ отечественного и зарубежного опыта эксплуатации фотоэлектрических станций, работающих как в составе энергосистем, так и изолированных энергорайонов, с целью его применения при проектировании, эксплуатации и управления данными объектами, а также обучении и повышении квалификации персонала.

С докладом **«Повышение эффективности фотоэлектрического оборудования для применения в системах распределенной генерации и микрогенерации»** выступила Шеповалова Ольга Вячеславовна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», генеральный директор ООО «ВИЭСХ-ВИЭ», к.т.н.

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

1. Отмечено, что требуемый на данное время и ближайшую перспективу

уровень эффективности и энергосбережения при энергообеспечении индивидуальных объектов обеспечивается путем их объединения в единую систему. В эту систему входит оборудование, непосредственно участвующее в выработке и передаче электроэнергии, а также установки, процессы и конструкции, влияющие на энергообеспечение.

2. Сложная система энергообеспечения – это совокупность подсистем, конструкций, технических средств, обеспечивающих энергоснабжение от генерации энергоносителя (точки ввода сетевого энергоносителя) до удовлетворения потребности за счет его использования, обладающих конструктивной, параметрической, информационной, программной и эксплуатационной совместимостью.

3. Представлены общие принципы построения сложных систем энергообеспечения индивидуальных объектов:

– обязательное использование всех возможных первичных источников ВИЭ в оптимальном сочетании, прежде всего солнца;

– энергоснабжение в первую очередь осуществляется от ВИЭ, затем от электрической сети с приоритетом использования ВИЭ;

– показателем эффективности системы является степень удовлетворения потребности(ей) потребителя;

– объект энергообеспечения является составной частью системы;

– сложная система энергообеспечения должна быть построена по принципу объединения функций;

– разработка системы должна начинаться в момент начала создания объекта и включать одновременную параллельную взаимосвязанную разработку всех компонентов системы;

– непрерывное развитие – количество компонентов, включаемых в сложную систему энергообеспечения, должно постоянно расширяться при появлении возможностей учета большего числа компонентов, влияющих на эффективность системы;

– включение в систему элементов, учитываемых факторов, влияющих на энергообеспечение, не должно значимо снижать ее надежность и надежность энергообеспечения.

4. Представлены принципы построения фотоэлектрических систем (ФЭС):

– фотоэлектрические системы должны строиться по принципам сложных систем энергообеспечения;

– энергопринимающие устройства должны рассматриваться, как часть системы;

– максимальное использование окружающего пространства для повышения выходной мощности фотоэлектрических модулей;

– компоненты фотоэлектрических систем должны быть полностью совместимы;

– конечным продуктом является фотоэлектрическая система;

– разработка фотоэлектрической системы должна начинаться в момент начала создания объекта и выполняться одновременно с разработкой всех остальных компонентов сложной системы энергообеспечения сельского здания.

5. Отмечено, что максимальная техническая и экономическая эффективность ФЭС достигается посредством ее проектирования, как сложной системы энергообеспечения, в которую входят энергопринимающие устройства потребителя.

6. Представлены основные термины и определения в области фотоэлектрических систем.

7. Отмечено, что исследования в области фотоэлектрического оборудования (ФО), а также конструкторские разработки и создание новых устройств должны проводится исходя из иерархического разделения ФО следующим образом: фотоэлектрические элементы (ФЭ) → фотоэлектрические модули (ФМ) → фотоэлектрические батареи (ФБ) → ФЭС.

8. Представлена классификация ФЭС.

9. Отмечено, что параметры, необходимые для описания, оценки, исследования работы ФО: выходные параметры ФО, параметры внешних воздействий на ФО и параметры, описывающие потребности потребителя, на удовлетворение которых будет использована генерируемая ФЭС электроэнергия.

10. Представлены основные проблемные вопросы в области определения параметров ФО:

– несоответствие значений выходных параметров ФО при реальной эксплуатации ФЭС параметрам, заявленным в технической документации и соответствующей им эффективности;

– некорректный выбор и определение набора параметров, значимых для эксплуатации ФЭС и систем энергообеспечения на их основе, начиная с уровня фотоэлектрических модулей;

– некорректная оценка внешних воздействующих факторов, т.е. оценки параметров, которые влияют на выходные параметры ФО;

– некорректная оценка влияния конечных внешних факторов и связи внешних влияющих факторов, которые можно определить в натурных условиях, с входными параметрами, влияющими на выходные параметры ФО.

11. Отмечены основные параметры фотоэлектрического оборудования по его уровням и этапам жизненного цикла.

12. Отмечено, что технические параметры ФО целесообразно классифицировать следующим образом:

– выходные (электрические) параметры: ВАХ, напряжение, ток, мощность и выработка; диапазоны номинальных значений; начиная с уровня ФМ как напряжение/мощность/выработка постоянного тока, так и переменного (если ФМ включает собственный инвертор), а на уровне ФЭС для сельского здания, как правило, переменного и постоянного тока;

– конструкционные параметры, площадь воспринимающей поверхности, занимаемая площадь, вес и др.;

– параметры состояния;

– параметры монтажа, например, угол наклона воспринимающей поверхности;

– параметры надежности, включая диапазоны изменения значений (деградация) указанных выходных параметров во времени (в течение заявленного срока службы);

– срок службы;

– параметры безопасности, в том числе диапазоны предельных значений;

– экономические параметры;

– параметры технологического процесса изготовления (для ФЭ и ФМ);

– параметры других функций (если ФО, начиная с ФМ выполняет другие функции).

13. Отмечено, что факторами, влияющими на эффективность ФО являются следующие типы факторов:

– внешние факторы, воздействующие на ФО;

– внешние факторы, влияющие/воздействующие на оборудование/ процесс потребления и, следовательно, влияющие на требования к входным характеристикам ФО.

14. Отмечено, что к внешним факторам, воздействующим на ФО, относятся:

➢ *Группа а*: факторы, влияющие на энергетическую освещенность рабочей(их) поверхности(ей) ФМ/приемника излучения, температуру поверхности ФМ (далее температуру ФМ) и спектральный состав излучения, поступающего на рабочую поверхность ФМ/приемника излучения.

➢ *Группа б* разделяются на:

– общие внешние воздействующие факторы;

– факторы, связанные с условиями окружающей среды на месте эксплуатации (естественной и техногенной);

– факторы, связанные с условиями установки и прочие конструкционные факторы;

– факторы, воздействующие на отдельных этапах жизненного цикла (например, при транспортировании).

15. Отмечено, что к общим внешним воздействующим факторам относятся классические для приборов и оборудования, а именно, климатические, механические, воздействие агрессивных сред и др.

16. Обращено внимание, что к внешним факторам, влияющим на фотоэлектрическое оборудование и возможности его применения относятся:

– особенности территорий, на которых может быть установлено фотоэлектрическое оборудование, особенности культуры и национальные традиции;

– виды потребностей и виды нагрузок, а также распределение потребностей и нагрузок, прежде всего, во времени (час/сутки/месяц/год);

– виды и объемы различных видов энергии, необходимые для конечного использования;

– характеристики объекта энергообеспечения, например, здания или энергопринимающего устройства;

– уровень требуемого энергообеспечения/уровень потребностей;

– действующие нормативно-правовые и нормативно-технические документы, законодательная и нормативная базы, государственная политика в области генерации и потребления энергетических ресурсов.

Параметры, описывающие эти факторы, определяются требованиями к выходным параметрам фотоэлектрических систем.

17. Представлены этапы жизненного цикла систем энергообеспечения сельского дома на основе фотоэлектрических систем и соответствующие типы испытаний, которые необходимо проводить.

18. Представлены общие структуры испытаний фотоэлектрического оборудования: фотоэлектрических модулей, фотоэлектрических батарей, фотоэлектрических систем, а также механизм подтверждения соответствия фотоэлектрического оборудования требованиям национальных стандартов.

В обсуждении доклада и прениях выступили: Ивановский Д.А. (НИК С6 РНК СИГРЭ), Гулиев Г.Б. (Азербайджанский технический университет), Николаев В.Г. (НИЦ «Атмограф), Гусев Ю.П., Вольный В.С. (НИУ МЭИ), Куликов А.Л. (НГТУ им. Р.Е. Алексеева), Бык Ф.Л. (ООО «Интелэнергия»), Папков Б.В. (НГИЭУ), Матисон В.А. (НПП «ЭКРА»), Темеров А.В. (Ассоциация «Зеленый киловатт»), Илюшин П.В. (председатель секции).

Ивановский Д.А. – Секретарь НИК С6 РНК СИГРЭ, ученый секретарь секции «АСРЭ и РЭР» НП «НТС ЕЭС».

Обратил внимание, что коэффициент деградации представленных в докладе фотоэлектрических модулей в первый год и последующий период их эксплуатации ниже, чем у аналогичных модулей, представленных на рынке.

Отметил, что температурный коэффициент представленных в докладе фотоэлектрических модулей находится на уровне аналогичных модулей, представленных на рынке зарубежными заводами-изготовителями.

Обратил внимание, что ряд приведенных в докладе терминов и определений входят в ГОСТы и широко используются. Однако действующая нормативно-техническая документация требует пересмотра в связи с некорректностью перевода некоторых терминов, а также необходимостью введения новых определений по фотоэлектрическому оборудованию.

Николаев В.Г. – Директор НИЦ «Атмограф», д.т.н.

Обратил внимание, что значительная доля фотоэлектрических модулей, представленных на российском рынке на текущий момент, не отечественного, а зарубежного производства.

Отметил, что в настоящее время в зарубежной электроэнергетике стоимость электроэнергии, произведенной фотоэлектрическими станциями, сопоставима со стоимостью электроэнергии, произведенной на действующих объектах традиционной энергетики. Кроме того, например, в Германии поставлена цель на дальнейшее снижение стоимости электроэнергии за счет совершенствования технологий производства фотоэлектрических модулей.

Обратил внимание, что при сохраняющейся тенденции вводов мощностей объектов ВИЭ, установленная мощность только фотоэлектрических станций к 2035 году в России составит около 5 ГВт.

Бык Ф.Л. – Директор ООО «Интелэнергия», к.т.н., доцент.

Обратил внимание, что максимальный положительный эффект от использования объекта микрогенерации на базе ВИЭ можно получить только при его присоединении в непосредственной близости к объекту потребления электроэнергии.

Отметил, что в зарубежной электроэнергетике массовое развитие объектов микрогенерации на базе ВИЭ у населения связано, в первую очередь, с высокой стоимостью электроэнергии для данной группы потребителей, в связи с отсутствием перекрестного субсидирования, применяемого в России.

Обратил внимание, что технологический процесс получения кремния для изготовления фотоэлектрических модулей является достаточно сложным и

неэкологичным, однако имеется ряд технологий, позволяющих значительно снизить величину загрязнения.

Матисон В.А. – Заместитель Технического директора по цифровизации электроэнергетики ООО НПП «ЭКРА», к.т.н.

Обратил внимание, что в зарубежной электроэнергетике для моделирования, оптимизации, а также анализа данных и процессов, протекающих в фотоэлектрических системах, активно используется программное обеспечение PVsyst.

Отметил, что фотоэлектрические системы целесообразно устанавливать совместно с системами накопления электроэнергии, при этом тип системы накопления, ее мощность и энергоемкость напрямую зависит от установленной мощности фотоэлектрического оборудования и графика нагрузки.

Обратил внимание, что в настоящее время в отечественной и зарубежной электроэнергетике преимущественно эксплуатируются фотоэлектрические системы совместно с системами накопления электроэнергии электрохимического типа.

Темеров А.В. – Председатель Ассоциации специалистов ВИЭ «Зеленый киловатт», член секции ВИЭ РОССНИО.

Отметил, что срок окупаемости объектов микрогенерации для частных собственников в разных регионах России напрямую зависит от действующих тарифов на электроэнергию в данных регионах.

Обратил внимание, что установка объекта микрогенерации на базе фотоэлектрических модулей экономически эффективна при тарифе на электроэнергию выше 6 руб/кВт*ч.

Отметил, что для достижения максимального положительного эффекта от ввода в эксплуатацию объекта микрогенерации на базе ВИЭ необходимо провести предпроектное обследование и проектные работы, учитывающие индивидуальные особенности объекта.

Илюшин П.В. – Председатель секции «АСРЭ и РЭР», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н.

Отметил, что капитальные затраты на 1 кВт установленной мощности объектов распределенной генерации на базе газотурбинных и газопоршневых установок составляет 700-1000 евро. Для крупных электростанций на базе парогазовых установок стоимость достигает до 2000-2500 долларов. Для

атомных станций – 4000 долларов. При этом стоимость электроэнергии на оптовом рынке электроэнергии в среднем составляет 1,25 руб./кВт*ч.

Обратил внимание, что при проектировании фотоэлектрических станций в обязательном порядке необходимо учитывать процесс деградации фотоэлектрических модулей.

Обратил внимание, что согласно действующим нормативно-техническим документам в электроэнергетике, фотоэлектрические станции учитываются в балансах электроэнергии, но не учитываются в балансах мощности.

Заслушав выступления и мнения экспертов по результатам дискуссии, совместное заседание Секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НТК НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике **отмечает:**

1. Важность и актуальность поднятой в докладе проблемы повышения эффективности фотоэлектрического оборудования для применения в системах распределенной генерации и микрогенерации.
2. Целесообразность и перспективность разработанных основ построения сложных систем энергообеспечения индивидуальных домохозяйств и иных потребителей.
3. Важность выполненной систематизации фотоэлектрического оборудования, включая систематизацию параметров и характеристик, а также разработку классификации фотоэлектрических систем.
4. Научную новизну разработанных конструкций и технологий изготовления фотоэлектрического оборудования.
5. Новизну разработанной системы испытаний фотоэлектрического оборудования в корреляции с предложенной систематизацией и этапами жизненного цикла.
6. Актуальность разработанной базовой программы внедрения систем энергообеспечения на основе объектов ВИЭ в сельских районах России.
7. Обоснованность и корректность предложенного автором метода оценки, сравнения и выбора фотоэлектрических систем в процессе проектирования.
8. Значительный вклад автора в разработку более 30 национальных стандартов в области фотоэлектрического оборудования.

Совместное заседание Секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НТК НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по

системным исследованиям в энергетике **решило:**

1. Рекомендовать автору продолжить исследования в области повышения эффективности фотоэлектрического оборудования для применения в системах распределенной генерации и микрогенерации.

2. Рекомендовать компаниям, занятым вопросами проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию фотоэлектрических станций использовать наработки автора доклада в области принципов построения систем энергообеспечения на основе объектов ВИЭ.

3. Рекомендовать автору разработать и представить научному сообществу обязательный перечень выходных параметров и характеристик фотоэлектрического оборудования, указываемых в технической документации.

4. Рекомендовать компаниям и организациям, занятым в сфере производства фотоэлектрических модулей в России, рассмотреть возможность использования разработанных автором доклада конструкций и технологий изготовления фотоэлектрического оборудования.

5. Рекомендовать автору разработать и представить на очередном заседании секции АСРЭ и РЭР НП «НТС ЕЭС» методы технико-экономической оценки эффективности фотоэлектрического оборудования с учетом факторов, влияющих на его функционирование.

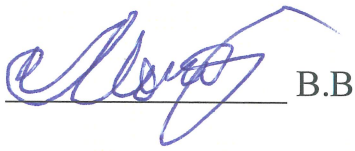
6. Рекомендовать автору в рамках дальнейшей научной работы провести анализ показателей аппаратной надежности фотоэлектрического оборудования в России, исходя из предложенного единого подхода и систематизации.

7. Рекомендовать ПК-5 «Распределенная генерация, включая ВИЭ» ТК 016 «Электроэнергетика» Росстандарта рассмотреть возможность планирования разработки и подготовки к утверждению национального стандарта с единой терминологией по фотоэлектрическому оборудованию.

С заключительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н. Илюшин П.В., в котором отметил, что фотоэлектрические станции получают в России широкое распространение, благодаря действию программы поддержки объектов ВИЭ на государственном уровне, начиная с 2014 г. Для массового развития объектов микрогенерации на базе фотоэлектрических модулей требуется совершенствование технологии их производства для снижения стоимостных показателей. Важным аспектом остается совершенствование технологий управления большим количеством объектов ВИЭ (микрогенерации), например, за счет их объединения в

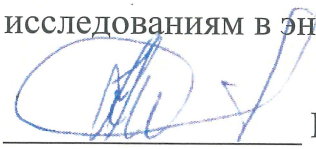
микроэнергосистемы. Масштабная интеграция объектов микрогенерации может привести к появлению проблемных технических вопросов в распределительных сетях среднего и низкого напряжения, требующих решения. Целесообразно изучение международного опыта массовой интеграции объектов ВИЭ для его учета при решении текущих и перспективных проблемных вопросов.

Первый заместитель Председателя Научно-технической коллегии, д.т.н., профессор



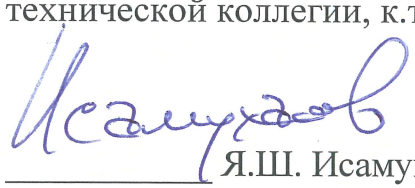
_____ В.В. Молодюк

Председатель секции «АСРЭ и РЭР» НП «НТС ЕЭС», ученый секретарь Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике, д.т.н.



_____ П.В. Илюшин

Ученый секретарь Научно-технической коллегии, к.т.н.



_____ Я.Ш. Исамухамедов

Ученый секретарь секции «Активные системы распределения ЭЭ и РЭР» НП «НТС ЕЭС»

_____ Д.А. Ивановский