

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН Институт систем  
энергетики им. Л.А. Мелентьева  
Сибирского отделения Российской  
академии наук,

член-корреспондент РАН,  
заслуженный деятель науки РФ  
Стенников Валерий Алексеевич



«01» марта 2021 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Нгуен Дык Тоан

**«Интеграция объектов малой распределенной энергетики в  
энергетическую систему Республики Вьетнам»,**

представленную на соискание ученой степени

кандидата технических наук

по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы»

Для отзыва представлены автореферат и диссертация, состоящая из введения, основной части (четыре главы), заключения, списка литературы (112 источников) и приложений. Работа изложена на 167 страницах машинописного текста, включает 41 рисунок и 22 таблицы.

#### **Актуальность темы выполненной работы**

Повышение эффективности и надежности энергоснабжения в рамках существующих энергетических систем различного уровня – от городских и районных до государственных – является в настоящее время актуальной задачей, от решения которой во многом зависит дальнейшее развитие промышленного производства и повышение качества жизни населения данного региона. Анализ структуры и перспектив развития энергетики Республики Вьетнам, выполненный в представленной диссертационной работе, показывает, что интеграция в существующую энергетическую систему объектов малой распределенной генерации, подключенных к сети или работающих автономно, создаст положительный системный эффект и позволит избежать чрезмерной нагрузки на распределительные сети страны. Кроме того, использование гибридных схем для предлагаемых объектов,

позволяет эффективно использовать положительные стороны возобновляемых источников энергии, в частности солнечной энергии, избегая известных трудностей, связанных с неравномерностью данного ресурса.

### **Цель работы**

Целью диссертационной работы является разработка научных основ интеграции объектов малой распределенной генерации, использующих традиционное топливо и возобновляемые энергетические ресурсы, в энергетическую систему Республики Вьетнам.

### **Общая характеристика работы**

Диссертация состоит из четырех глав, заключения, списка литературы, двух приложений. Общий объем составляет 167 страниц, включая 41 рисунок и 22 таблицы. Список использованной литературы состоит из 112 наименований.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследований, представлены цели и задачи работы, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость, изложены основные положения, выносимые на защиту, приведена апробация результатов.

**В первой главе** рассмотрены перспективы малой распределенной энергетики в мировом масштабе, в России и в Республике Вьетнам. Анализ научно-технической литературы показал, что на объектах малой мощности (мини-ТЭС) целесообразно использовать возобновляемые энергетические ресурсы (ВИЭ), обобщение представлено в виде классификации мини-ТЭС по типу первичных энергетических ресурсов. Отмечено, что известные сложности в использовании ВИЭ, связанные с их неравномерностью, могут быть преодолены путем использования гибридных схем, в которых сочетается использование традиционного органического топлива и ВИЭ. Для климатических и экономических условий Республики Вьетнам в качестве объекта исследования выбраны схемы с паротурбинными установками, работающими на угле, и гибридные мини-ТЭС с использованием газотурбинных установок и солнечной энергии за счет интегрированного в основную классическую схему солнечного нагревателя воздуха, поступающего в камеру сгорания. Поставлена задача выбора количества, мощности и мест размещения мини-ТЭС данных типов в Республике Вьетнам посредством моделирования структуры сектора малой энергетики как составной части энергетической системы страны.

**Во второй главе** представлен порядок расчета и результаты исследование технологических схем паротурбинных угольных и газотурбинных мини-ТЭС мощностью до 25 МВт. На основе

уравнений материального и энергетического балансов рассчитывается количество используемого топлива и эксергетическая эффективность для каждого типа установки. В качестве критериев эффективности выбраны эксергетический КПД и удельный расход топлива. Представлены результаты расчетов для Кузнецкого угля марки Т, добываемого в России, и угля марки 4b месторождения Вьетнама, показавшие, что КПД тепловых электростанций малой мощности до 25 МВт в среднем гораздо ниже, чем для более мощных станций, поэтому необходимо реализовать энерго- и ресурсосберегающие мероприятия, например усовершенствовать схему с ГТУ, как более эффективную, используя солнечную энергию для подогрева поступающего в камеру сгорания воздуха.

**В третьей главе** рассматривается принципиальная схема гибридной мини-ТЭС, работающей на основе газотурбинной установки, в которой сжигается природный газ, а воздух, поступающий из компрессора, нагревается в солнечном воздушном нагревателе. С использованием разработанной модели были рассчитаны мини-ТЭС мощностью 4,6 и 11,86 МВт, для которых имеются данные по эксплуатации, позволяющие проверить адекватность модели. В качестве примера расчета представлено изменение расходных характеристик при изменении интенсивности прямого солнечного излучения, а также при изменении температуры воздуха, для провинции НиньТуан Республики Вьетнам. Представлены диаграммы для годового цикла работы данных станций в условиях данной провинции. Определен суммарный расход топлива и рассчитана его экономия в течение года работы. На основе анализа зависимостей, которые использовались для расчета мини-ТЭС различной комплектации, была сформирована обобщенная методика выбора типа технологической схемы и ее расчета.

**В четвертой главе** представлена модель интеграции объектов малой распределенной генерации в энергетическую систему Республики Вьетнам с учетом требований энергетической безопасности и перспектив развития возобновляемых источников энергии в стране. Структура энергетической системы Республики Вьетнам с учетом прогноза ее развития на 2030 год и интеграции объектов малой распределенной генерации в количестве 120 общей мощностью 570 МВт, расположенных в 7 провинциях представлена в диссертации. В этом варианте строительство автономных электростанций позволит сэкономить на строительстве ЛЭП 500 кВ, проходящей через точки 1-2, 4-5, общей расчетной протяженностью 150 км. Размещение мини-ТЭС двух типов – паротурбинных, работающих на угле, и гибридных, работающих на базе газотурбинных установок и солнечных воздушных нагревателей, в 7 провинциях Республики Вьетнам позволит обеспечить

развитие сектора малой распределенной энергетики и надежное обеспечение населения данных провинций электрической энергией. Интеграция автономных мини-ТЭС в энергетическую систему страны снизит нагрузку на электрические сети и будет способствовать интенсивному развитию данных провинций.

**В заключении** сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы, представлены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

### **Научная новизна работы**

Научная новизна представленной диссертационной работы подтверждается следующими результатами:

-разработана обобщенная методика выбора типа технологической схемы мини-ТЭС и ее расчета на основе использования традиционных и возобновляемых энергетических ресурсов;

-разработана модель интеграции объектов малой распределенной генерации в энергетическую систему Республики Вьетнам;

- проведена оценка повышения экономичности сегмента малой распределенной генерации при использовании солнечной энергии.

### **Значимость результатов для развития отраслей науки**

Обобщенная методика выбора типа технологической схемы мини-ТЭС и ее расчета на основе использования традиционных и возобновляемых энергетических ресурсов позволит разработать научные подходы к оценке эффективности объектов малой распределенной генерации в зависимости от условий их размещения. Разработанная математическая модель технологической схемы гибридной мини-ТЭС может использоваться для исследования влияния интенсивности солнечного излучения на эффективность объекта и выбор рациональных режимных параметров.

### **Практическая значимость работы**

Предложена технологическая схема производства энергии на основе комбинирования традиционных и возобновляемых энергоресурсов и методика расчета и оценки эффективности как данной схемы, так и других технологических схем малых автономных электростанций, работающих на традиционных и возобновляемых энергоресурсах. Приведены результаты оценки экономии топливно-энергетических ресурсов при внедрении объектов малой распределенной генерации в энергетическую систему Республики Вьетнам.

### **Степень достоверности и апробации результатов**

Достоверность полученных результатов численных исследований подтверждается применением основных законов термодинамики,

тепломассообмена, актуальных сертифицированных программ и вычислительных алгоритмов, а также сравнением результатов расчета с известными данными, опубликованными в научной литературе.

Основное содержание работы изложено в 9 публикациях, в том числе 3 статьи в журналах, индексируемых в международной базе данных Scopus и Web of Science, 2 статьи в журналах из перечня ВАК, 4 – в материалах всероссийских и международных конференций.

#### **Соответствие паспорту специальности 05.14.01**

Диссертация соответствует специальности 05.14.01 «Энергетические системы и комплексы» и относится к следующим областям исследования:

- математическая модель технологической схемы гибридной мини-ТЭС и обобщенная методика выбора типа технологической схемы мини-ТЭС и ее расчета на основе использования традиционных и возобновляемых энергетических ресурсов соответствует п.2 Исследование и разработка нетрадиционных источников энергии и новых технологий преобразования энергии в энергетических системах и комплексах»;

- модель интеграции объектов малой распределенной генерации в энергетическую систему Республики Вьетнам и результаты оценки повышения экономичности сегмента малой распределенной генерации при использовании солнечной энергии соответствуют п.5 Разработка и исследование в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой и электрической энергии, при транспортировке теплоты и энергоносителей в энергетических системах и комплексах» и п.1 Разработка научных основ исследования общих свойств, создания и принципов функционирования энергетических систем и комплексов, фундаментальные и прикладные системные исследования проблем развития энергетики городов, регионов и государства, топливно-энергетического комплекса страны».

#### **Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

1. Результаты выполненной работы могут использоваться для оценки эффективности объектов малой распределенной генерации при интеграции их в энергетические системы различного уровня – районные, городские или региональные.

2. Математическая модель и методика расчета технологической схемы гибридной мини-ТЭС может быть использована для совершенствования данной схемы и входящего в ее состав оборудования.

3. Исследования могут быть продолжены для более сложных схем с парогазовыми установками и регенерацией тепла отходящих газов.

4. В перспективе могут быть разработаны технологические схемы гибридных мини-ТЭС с использованием низкокалорийных топлив, в частности промышленных газов, низкосортных твердых топлив.

**В то же время по работе имеются замечания.**

Из текста автореферата и диссертации не ясно, имеется ли у автора методика для определения конструктивных характеристик элементов технологической схемы в зависимости от их производительности (например, гибридной мини ТЭС на основе газотурбинной установки).

При оптимизации установок по критериям эксергетической эффективности не рассматриваются режимы с различными температурами наружного воздуха. Не понятно, как при этом обосновываются оптимальные параметры установок.

В качестве замечания, не указано, каким методом проводятся расчеты с использованием моделей: вариантные или оптимизационные. Если проводится оптимизация параметров, какие строгие методы при этом применяются?

В рамках работы был бы интересен анализ экологической эффективности гибридных установок.

Вызывает интерес, кто будет инвестировать предлагаемые инновационные технологии – частные инвесторы, или данные мероприятия будут поддержаны государством.

**Заключение по работе**

Несмотря на изложенные выше замечания диссертационная работа Нгуен Дык Тоан «Интеграция объектов малой распределенной энергетики в энергетическую систему Республики Вьетнам» является завершенной научно-квалификационной работой. Поставленные в диссертационной работе задачи решены, цель работы достигнута. Выводы и рекомендации обоснованы применением опробованных расчетных методик и методов математического моделирования. Новые научные результаты, полученные автором, имеют существенное значение для повышения эффективности функционирования энергетических систем за счет обоснованного использования объектов малой распределенной генерации и применения в их составе возобновляемых источников энергии. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России.

Представленная к защите диссертация отвечает требованиям п.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 20 сентября 2013 г. №842, а ее автор – Нгуен Дык Тоан заслуживает присуждения научной степени кандидата

технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Диссертация, автореферат и отзыв обсуждены на расширенном заседании отдела теплосиловых систем Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, протокол № 2 от 05 февраля 2021 г.

Ведущий научный сотрудник  
отдела Теплосиловых систем  
ИСЭМ СО РАН,

доктор технических наук  
по специальности 05.14.01 Энергетические системы и комплексы,

доцент

Тюрина Элина Александровна,

ФГБУН Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук: 664033, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130, рабочий телефон: +7(3952) 42-47-00, факс: +7(3952) 42-67-96, e-mail: [info@isem.irk.ru](mailto:info@isem.irk.ru), веб-сайт: <http://isem.irk.ru>

старший научный сотрудник  
отдела Теплосиловых систем  
ИСЭМ СО РАН,

кандидат технических наук  
по специальности 05.14.01 Энергетические системы и комплексы,

доцент

Степанова Елена Леонидовна,

ФГБУН Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук: 664033, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130, рабочий телефон: +7(3952) 42-47-00, факс: +7(3952) 42-67-96, e-mail: [info@isem.irk.ru](mailto:info@isem.irk.ru), веб-сайт: <http://isem.irk.ru>

