

МИНОБНАУКИ РОССИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
**ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
КРАСНОЯРСКИЙ ФИЛИАЛ – СПЕЦИАЛЬНОЕ  
КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО «НАУКА»  
(СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН)

Проспект Мира, д. 53, г. Красноярск, 660049  
Тел.: +7 (391) 227-2912, факс: +7 (391) 212-4288, e-mail: krasn@ict.nsc.ru  
ОКПО 05222159, ОГРН 1025403650920, ИНН/КПП 5408105390/246643001

УТВЕРЖДАЮ



Директор СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН  
д.т.н., профессор

*В.В. Москвичев*  
В.В. Москвичев  
«24» сентября 2018 г.

### Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Прохорова Дмитрия Валерьевича  
на тему «Повышение надежности децентрализованных энергетических систем  
северных территорий», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.14.01 Энергетические системы и комплексы

#### 1. Актуальность работы для науки и практики

Для муниципальных образований, малых и крупных поселений северных территорий, имеющих значительное пространственное распределение и отличающихся суровыми природно-климатическими условиями, актуальное значение имеют взаимосвязанные проблемы природно-техногенной и энергетической безопасности. Устойчивость и эффективность энерго- и теплоснабжения населенных пунктов Сибири, Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока в значительной мере определяются решением вопросов надежности и безопасности децентрализованных энергетических систем, являющихся основными инфраструктурными объектами и относящихся, в этой связи, к объектам повышенной опасности в области жизнеобеспечения населения. Такие предпосылки находят свое отражение в программах социально-экономического развития северных территорий и программных

документах развития объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) Российской Федерации (Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года (распоряжение правительства от 09.06.2017 г. № 1209-р), Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (распоряжение Правительства от 13.11.2009 г. № 1715-р)).

Данная постановка проблемы обозначена в цели и задачах диссертационной работы Д.В. Прохорова, что определяет её актуальность.

Основные положения научной новизны связаны с:

- анализом аварийности систем энергетики (СЭ), приложением теории надежности и риск-анализа технических систем к задачам безопасности объектов энергетики;

- обоснованием критериев и показателей качества систем энергоснабжения в природно-климатических условиях Сибири, Крайнего Севера и Арктики;

- исследованием причинно-следственных связей аварийных ситуаций и разработкой модели управления безопасностью объектов децентрализованных систем энергетики.

Практическая значимость работы определяется возможностью приложений и использования полученных результатов при проектировании децентрализованных систем энергетики, принимать оптимальные научно обоснованные решения и проводить программные мероприятия по повышению уровня безопасности систем на стадии их эксплуатации. Важное значение для общей характеристики работы имеет подготовка по полученным результатам проекта нормативного документа в форме методических указаний «Оценка безопасности децентрализованных систем энергоснабжения в условиях Севера».

Таким образом, комплекс научных исследований, выполненный Д.В. Прохоровым, имеет все основания рассматриваться как соответствующий требованиям актуальности, научной новизны и практической значимости. Уровень поставленной научной проблемы соответствует диссертационной работе на соискание ученой степени кандидата технических наук. Постановка задач соответствует требованиям паспорта специальности 05.14.01 Энергетические системы и комплексы.

## **2. Структура диссертации и общая характеристика работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка использованных источников (120 наименований) и приложения в виде проекта Методических указаний «Оценка безопасности децентрализованных

систем энергоснабжения в условиях Севера». Общий объем диссертации составляет 123 страницы, включая 19 рисунков и 11 таблиц.

Во введении отмечены актуальность, предмет исследований и раскрыты основные положения работы согласно принятых требований.

**В первой главе** на примере Республики Саха (Якутия) дана характеристика и рассмотрено состояние энергоснабжения северных территорий. Проведен анализ аварийности объектов энергетики с рассмотрением 280 аварий в ретроспективе 10 лет с выявлением причин отказов и значений ущербов как основы для расчетов рисков. Сформулированы основные проблемы в сфере теплоснабжения и энергоснабжения. Аварийность анализируется в годовом разрезе, ежемесячно и по структуре системных элементов с выделением каскадных аварий.

**Вторая глава** содержит результаты анализа отказов элементов подсистем СЭ, из которых наиболее «слабым звеном» оказываются подсистемы теплоснабжения и тепловые сети. Детально рассмотрены сценарии отказов и каскадных аварий. Проведен выбор показателей безопасности СЭ, при этом в качестве показателей, определяющих тяжесть последствий при авариях, приняты: количество пострадавших человек и количество человек с нарушенными условиями жизнедеятельности, период отключения энергоснабжения, температура в зданиях и материальный ущерб. Детально проанализирован такой важный показатель надежности ТС, как время восстановления при отказах и авариях элементов подсистем СЭ. Особое внимание акцентировано на таких показателях как вероятность безопасной работы, безопасность, живучесть и риск (таблицы 5, 6).

**В третьей главе** исследуются причинно-следственные связи факторов и причин, приводящих к аварийной ситуации (АС). Анализируются различные случаи АС с построением соответствующих сценариев аварий для отдельных подсистем энергоснабжения и электроснабжения с использованием методов дерева отказов (рис. 13, 14, 17) и дерева событий (рис. 15, 16). Использование такого подхода достаточно обосновано и это позволило получить количественные оценки вероятности отказов для различных причин их возникновения (разд. 3.2) и ранжировать различные элементы электрооборудования по количеству отказов в процентном отношении. Рассмотрение вопроса резервирования с целью повышения надежности СЭ (разд. 3.3) по данным статистики отказов и расчетов вероятностей отказов позволило предложить укрупненную схему резервирования (рис. 18).

**Четвертая глава** содержит наиболее значимые в научном плане результаты:

- классификация аварий децентрализованных СЭ по тяжести последствий

(местные, территориальные, региональные);

- разработка методики определения обобщенного ущерба, что позволяет более корректно проводить обоснование превентивных мероприятий по снижению риска аварий и ущербов;

- алгоритм методики оценки и повышения безопасности СЭ путем управления величиной риска, реализация которой иллюстрируется соответствующими примерами.

Таким образом, работа Д.В. Прохорова содержит все необходимые элементы диссертационного исследования, включая постановку задач, их расчетно-аналитическую реализацию, обобщение результатов и предложения по их внедрению.

### **3. Новые научные результаты**

Задачи, поставленные и решенные в работе, имеют принципиально важное значение для расчетно-аналитического обоснования показателей надежности и безопасности децентрализованных систем энергетики. В работе корректно для решения поставленных задач интегрированы статистическая информация об отказах, классические представления теории надежности и риск-анализа, положения ряда нормативных документов МЧС России и правил эксплуатации систем энергетики. Это позволило получить новые научные результаты:

- обоснован тезис необходимости приоритетного анализа показателей безопасности децентрализованных систем энергетики, установлены их значения и диапазоны по результатам анализа причинно-следственных связей развития АС и отказов для предложенной классификации аварий;

- развита методика определения удельного для предложенных классов аварий объектов энергетики социально-экономического ущерба, значения которого являются основой оценки рисков возникновения АС;

- разработаны на базе традиционных представлений теории надежности (методы деревьев отказов и деревьев событий) и нормативных документов МЧС и ТЭК России критерии, алгоритмы и модели управления безопасностью в системах и объектах децентрализованной энергетики.

### **4. Практические результаты и рекомендации по их использованию**

Практические результаты работы характеризуются двумя направлениями перспективного использования:

- 1) Расширенное использование в отраслевых научных и

конструкторско-технологических организациях и эксплуатирующих предприятиях ТЭК в части обеспечения безопасной эксплуатации объектов энергетики в условиях децентрализованного диспетчерского управления.

2) Дальнейшее развитие теории надежности и безопасности энергетических объектов на базе полученных в работе результатов.

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

1. В тексте автореферата целесообразно было указать соответствие тематики, цели и задач диссертации конкретным пунктам паспорта специальности.

2. При проведении анализа аварийности СЭ следовало дать дополнительную информацию по эксплуатационным отказам технологического оборудования по отдельным системным элементам и конкретизировать показатели, определяющие тяжесть отказов при авариях энергетических систем.

3. Для повышения надежности энергообеспечения населенных пунктов северных территорий следовало более детально рассмотреть вопросы и варианты структурного резервирования отдельных отказообразующих элементов.

4. По ряду наиболее характерных аварийных ситуаций необходимо иметь сценарное описание аварии и детальный регламент действий персонала по ликвидации её последствий.

5. В ряде случаев следовало дать пояснения и определения применяемых терминов (системный элемент, вероятность отказа системного элемента и т.д.). При обсуждении понятийного аппарата надежности и безопасности СЭ чрезмерно используется обзорная форма обсуждения сложившейся инженерной практики и применяемых нормативных документов.

### **6. Заключение по диссертационной работе**

1. Диссертация Д.В. Прохорова является законченным научно-исследовательским трудом, в рамках которого решена задача научного обоснования. Получены новые результаты в области надежности и безопасности децентрализованных систем энергетики, что позволяет осуществить дальнейшее развитие её нормативно-технической базы расчетов, проектирования и эксплуатации.

2. Автореферат и основные публикации достоверно и полно отражают содержание работы. Оформление работы отличается четким, последовательным и грамотным стилем изложения. Работа содержит необходимый объем информационно-аналитических материалов, расчетных и прогнозных данных, подтверждающих достоверность основных результатов положений и выводов. Адекватность и корректность научных результатов положительно характеризуется их использованием при подготовке проекта нормативного документа.

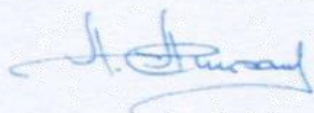
3. Указанные выше замечания не имеют принципиального значения в отношении научного содержания диссертации.

4. Тематика и содержание работы соответствуют специальности 05.14.01 Энергетические системы и комплексы.

5. Представленная работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, включая постановку задач исследования, методы их решения и практическое использование полученных результатов. Диссертация соответствует требованиям пп. 9, 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) в части, касающейся ученой степени кандидата наук, а её автор Д.В. Прохоров заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 Энергетические системы и комплексы.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на заседании научно-практического семинара «Проблемы природно-техногенной безопасности» лаборатории вычислительной механики и риск-анализа СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН «06» сентября 2018 г., протокол № 3.

Председатель семинара  
главный научный сотрудник  
лаборатории вычислительной  
механики и риск-анализа  
доктор технических наук



Лепихин Анатолий Михайлович

Почтовый адрес: 660049, г. Красноярск, проспект Мира, д. 53

Тел. раб.: +7(391)227-27-18;

E-mail: [krasn@ict.nsc.ru](mailto:krasn@ict.nsc.ru)

Подпись Лепихина Анатолия Михайловича заверяю:

ученый секретарь СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН

канд. техн. наук

«24» сентября 2018 г.

М.П.



Н.А. Чернякова