



ПРИКАЗ

№ 439

« 26 июля » 20 19.

г. Москва

Об организационных решениях для выполнения работ в рамках Программы научных исследований «Энергетика» по Блоку 1. «Технологии будущего»

Для достижения требуемых результатов выполнения научно-исследовательских работ в рамках Блока 1. «Технологии будущего» Программы научных исследований (ПНИ) «Энергетика» ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» на 2019-2024 гг.

приказываю:

1. Внести изменение в п. 3 Приказа № 794 от 07.12.18 г. – назначить куратором Блока 1. «Технологии будущего» ПНИ «Энергетика» к.т.н., директора ЦИР Комарова И.И.

2. Прекратить осуществление работ, поименованных в приложении 1, в рамках ПНИ «Энергетика». Студенты, упомянутые в приложении 1, исключаются из участников ПНИ «Энергетика», но продолжают выполнение выпускной квалификационной работой (ВКР) без изменения темы работы и руководителя.

В срок до **09 августа 2019 г.** куратору Блока 1. «Технологии будущего» ПНИ «Энергетика» Комарову И.И. подготовить представление в стипендиальную комиссию ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» по студентам-участникам ПНИ «Энергетика», соответствующим следующим требованиям для назначения грантов за счет собственных средств Университета на научные исследования обучающимся ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»:

- успешное выступление на отчетной конференции «Энергетика. Технологии будущего» **28 мая 2019 – 29 мая 2019 г.;**
- выполнение всех поставленных задач согласно плану работы над ВКР;
- отсутствие академической задолженности.

3. В срок до **09 августа 2019 г.** куратору Блока 1. «Технологии будущего» ПНИ «Энергетика» Комарову И.И. предоставить директору ИДДО Шиндиной Т.А. списки студентов-участников ПНИ «Энергетика» для обучения на курсах повышения квалификации «Геометрическое моделирование» с использованием программного продукта Siemens NX и установить требования к объему и содержанию курса.

4. Директору ИДДО Шиндиной Т.А. обеспечить организационное сопровождение прохождения студентами-участниками ПНИ «Энергетика»

обучения по курсу «Геометрическое моделирование» в рамках программы дополнительного образования в срок с **09 сентября 2019 г. по 18 октября 2019 г.**

5. Куратору Блока 1. «Технологии будущего» ПНИ «Энергетика» Комарову И.И. обеспечить проведение занятий по курсу «Геометрическое моделирование» для студентов-участников ПНИ «Энергетика», начиная с **16 сентября 2019 г.**

6. Руководителям проектов, указанным в приложении 2:

- обеспечить участие студентов, выполняющих ВКР в рамках указанных проектов, в программе повышения квалификации «Геометрическое моделирование»;
- в срок до **09 августа 2019 г.** подготовить план выполнения ВКР по прилагаемому образцу (приложение 3);
- в срок до **24 сентября 2019 г.** подготовить первую часть паспорта проекта в соответствии с формой, представленной в приложении 4. При составлении первой части паспорта проекта руководствоваться примером, приведенным в приложении 5;
- в срок до **24 сентября 2019 г.** подготовить дополнительный слайд для раскрытия результатов НИОКТР, достигнутых в процессе выполнения ВКР на первом году обучения согласно шаблону (приложение 6);
- в срок до **30 сентября 2019 г.** занести в автоматизированную информационную систему БАРС конкретные задачи по выполнению студентами-участниками ПНИ «Энергетика» работ в соответствии с планом выполнения ВКР.

7. Куратору Блока 1. «Технологии будущего» ПНИ «Энергетика» Комарову И.И. в срок до **26 августа 2019 г.** предоставить начальнику учебного управления Макаревич Е.В. требования по модернизации автоматизированной информационной системы БАРС, необходимые для осуществления контроля хода выполнения ВКР студентами-участниками ПНИ «Энергетика».

8. Директору ИВЦ МЭИ Бобрякову А.В. в срок до **16 сентября 2019 г.** выполнить модернизацию автоматизированной информационной системы БАРС по заданию учебного управления для осуществления контроля выполнения ВКР студентами-участниками ПНИ «Энергетика».

9. Провести в период с **19 ноября 2019 г. по 21 ноября 2019 г.** в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» вторую научно-техническую конференцию студентов «Энергетика. Технологии будущего». В рамках подготовки к конференции сформировать:

9.1. оргкомитет конференции в соответствии с приложением 7;

9.2. структуру конференции в соответствии с приложением 8.

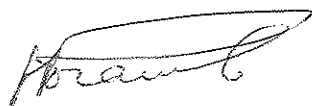
10. Ученому секретарю Ученого Совета МЭИ Кузовлеву И.В. предоставить зал заседаний Ученого Совета МЭИ (корп. И, 4 этаж) для мероприятий конференции в период с **19 ноября 2019 г. по 21 ноября 2019 г.**

11. Начальнику управления общественных связей Семеновой Е.М. обеспечить фото, видеосъемку и информационное освещение второй конференции «Энергетика. Технологии будущего» на портале ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ».

12. Проректору по экономике Курдюковой Г.Н. обеспечить выплату надбавок руководителям НИОКТР, руководителям ВКР и консультантам ВКР, грантов студентам-участникам ПНИ «Энергетика», финансирование их обучения по дополнительной образовательной программе «Геометрическое моделирование», финансирование публикации материалов конференции в РИО НИУ «МЭИ» и регистрации сборника докладов в базе РИНЦ.

13. Контроль за выполнением приказа возложить на куратора Блока 1. «Технологии будущего» ПНИ «Энергетика» Комарова И.И.

Ректор



Н.Д. Рогалев

Список работ в рамках ПНИ «Энергетика», подлежащих прекращению

№	Название проекта	Название ВКР	Руководитель ВКР	Студент
1.	ПГУ большой мощности на базе отечественной ГТУ	Разработка конструкции КУ для утилизации тепловой энергии уходящих газов в органическом цикле Ренкина	Шевченко И.В.	Кривошта А.А.
2.	Пылеугольный котел УСКД повышенной маневренности	Пылеугольный котел УСКД повышенной маневренности	Ионкин И.Л.	Южанин К.С.
3.	Гибридные маневренные АЭС с реакторными установками ВВЭР с внешним перегревом пара	Разработка конструкции парового котла для гибридной АЭС	Агамиров Л.В.	Судариков С.И.
4.	Электрический кабель	Разработка конструкции силового кабеля сверхвысокого напряжения	Боев М.А.	Розанов И.К.,
5.	Электрический кабель	Исследование свойств изоляционных материалов в условиях воздействия сверхвысокого напряжения	Боев М.А.	Шапран С.В.
6.	Воздушно-аккумулирующая электростанция	Разработка экспериментального стенда ВАЭС с роторным ДГА	Султангузин И.А.	Птушкин Д.Г.
7.	Система автоматизации защиты и управления электроэнергетической инфраструктурой объектов электросетевого комплекса на основе цифровых технологий	Разработка проекта по выпуску и реализации инновационной системы автоматизации защиты и управления электроэнергетической инфраструктурой объектов электросетевого комплекса на основе цифровых технологий	Белоусов С.В.	Булатов М.Д.
8.	Программный комплекс для обслуживания энергетического оборудования по состоянию на основе обработки больших массивов данных с применением искусственного интеллекта	Разработка технического облика программного комплекса для обслуживания энергетического оборудования по состоянию	Шевченко И.В.	Ермишина М.И.
9.	Информационно-аналитическая система для верификации, сравнения и выбора инженерного программного обеспечения «ИАСПлат»	Разработка методики верификации результатов численного моделирования тепломассообменных процессов в энергетическом оборудовании ТЭС	Шевченко И.В.	Рябченкова В.А.

Перечень НИОКТР, включенных в Блок 1. «Технологии будущего» ПНИ «Энергетика» на 2019-2024 гг.

№	НИОКТР (проект)	Подразделение, отв. за реализацию	Научный руководитель
Направление 1. Генерация электрической энергии. Большая энергетика. Газовая и угольная генерация			
1.1.	Высокоэффективные экологически безопасные энергетические комплексы с кислородным сжиганием топлива (в том числе работающие по Грац циклу и циклу Аллама)	03039 ИТНО	Рогалев А.Н., доцент, д.т.н.
1.2.	ПГУ большой мощности на базе отечественной ГТУ	03039 ИТНО	Рогалев А.Н., доцент, д.т.н.
1.3.	Вертикальный котел-утилизатор с естественной циркуляцией на сверхвысокое давление пара 18 МПа	01015 ПГТ	Плешанов К.А., доцент, к.т.н.
1.4.	Жаростойкие и термобарьерные покрытия для элементов для оборудования ПГУ большой мощности на базе отечественной ГТУ	03040 НЦ Износостойкость	Качалин Г.В., в.н.с., к.т.н.
1.5.	Высокоэффективная маневренная теплоэлектроцентраль нового поколения	03039 ИТНО	Рогалев А.Н., доцент, д.т.н.
1.6.	Энергоблоки с ультрасверхкритическими параметрами пара мощностью 500-1000 МВт с сухим золошлакоудалением	01015 ПГТ	Зарянкин А. Е., профессор, д.т.н.
1.7.	Защитные износостойкие покрытия для элементов оборудования энергетических блоков на ультрасверхкритических параметрах пара	03040 НЦ Износостойкость	Качалин Г.В., в.н.с., к.т.н.
1.8.	Теплотехнологический комплекс для производства синтез-метана из низкосортных углей	03039 ИТНО	Комаров И.И., директор ЦИР, к.т.н.
Направление 2. Генерация электрической энергии. Атомная энергетика			
2.1.	Установка выделения химических компонентов из дезактивированного кубового остатка АЭС для повторного использования (опция АЭС-2006/ВВЭР-ТОИ и др.)	02122 АЭС	Иванов С.В., доцент, к.т.н.
2.2.	Гибридные маневренные АЭС с реакторными установками ВВЭР с внешним перегревом пара	03039 ИТНО	Рогалев А.Н., доцент, д.т.н.
2.3.	Паровая турбина для АЭС на суперкритические параметры пара	01015 ПГТ	Грибин В.Г., зав. каф. ПГТ, д.т.н.
2.4.	Многофункциональные нанокompозитные покрытия для элементов оборудования паровых турбин АЭС нового поколения, рассчитанных на суперкритические параметры пара	03040 НЦ Износостойкость	Качалин Г.В., в.н.с., к.т.н.
2.5.	Новые функциональные поверхности для энергетики	02126 ОФИАС	Дедов А. В., директор ИТАЭ, д.т.н.

№	НИОКТР (проект)	Подразделение, отв. за реализацию	Научный руководитель
Направление 3. Генерация электрической энергии. ВИЭ			
3.1.	Высотная ветротурбина на надувной конструкции	12001 ГГМ	Лямасов А.К., ст. преподаватель, к.т.н.
3.2.	Ветроагрегат прямого привода с горизонтальной осью вращения	05044 ЭМиЭЭА	Молоканов О.Н., ст. преподаватель, к.т.н. Тягунов М.Г., профессор, д.т.н.
3.3.	Вертикальноосевая энергетическая установка с индукторным генератором	05044 ЭМиЭЭА	Баль В.Б., доцент, к.т.н. Тягунов М.Г., профессор, д.т.н.
3.4.	Высокоэффективные гидроагрегаты на основе природоподобных технологий	03040 НЦ Износостойкость	Волков А.В., зав. каф. ГГМ, д.т.н.
3.5.	Модульный гидроагрегат с прямоточной осевой гидротурбиной	12001 ГГМ	Орахелашвили Б.М., доцент, к.т.н.
3.6.	Бесплотинная малая ГЭС	12001 ГГМ	Орахелашвили Б.М., доцент, к.т.н.
3.7.	Волновая поплавковая электростанция	05044 ЭМЭЭА	Курбатов П. А., зав. каф. ЭМЭЭА, д.т.н.
3.8.	Индукторные генераторы с переменной частотой вращения для малых ГЭС	05043 ЭКАОиЭТ	Русаков А.М., в.н.с., к.т.н.
3.9.	Аппаратно-программный комплекс отслеживания положения Солнца для управления по максимальной энергетической эффективности	06065 ГВИЭ	Тягунов М.Г., профессор, д.т.н.
3.10.	Когенерационная установка на основе использования глубинной энергии Земли	03040 НЦ Износостойкость	Волков А.В., зав. каф. ГГМ, д.т.н.
Направление 4. Генерация электрической энергии. Распределенная генерация			
4.1.	Аппаратно-программный комплекс для адаптивного управления распределенной генерацией	06064 РЗиАЭ	Волошин А.А., директор центра НТИ ТТЭиРИЭ, к.т.н.
4.2.	Гибридный энергокомплекс гарантированного энергоснабжения с водородным аккумулированием энергии и электролизером высокого давления	03035 ХиЭЭ 06065 ГВИЭ	Кулешов Н.В., зав. каф. ХиЭЭ, д.т.н. Тягунов М.Г., профессор, д.т.н.
4.3.	Энергетические установки малой мощности, работающие по органическому циклу Ренкина	05043 ЭКАОиЭТ	Румянцев М.Ю., зав. каф. ЭКАОиЭТ, к.т.н.

№	НИОКТР (проект)	Подразделение, отв. за реализацию	Научный руководитель
4.4.	Автономные мини ТЭЦ, работающие на местном низкорепактивном топливе, включая возобновляемое биотопливо	05043 ЭКАОиЭТ	Румянцев М.Ю., профессор, к.т.н.
4.5.	Парогазовая установка на биотопливе	01015 ПГТ	Плешанов К.А., доцент, к.т.н.
4.6.	Модульные конфигурируемые энергетические комплексы на пеллетном топливе для автономного энергоснабжения удаленных районов	03039 ИТНО	Комаров И.И., директор ЦИР, к.т.н.
4.7.	Энергоустановки малой мощности (200-1000 кВт) для выработки тепловой и электрической энергии за счет сжигания отходов деревообрабатывающих предприятий	03039 ИТНО	Комаров И.И., директор ЦИР, к.т.н.
4.8.	Технологический комплекс выработки электроэнергии на основе использования теплоты продуктов реакций термической утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО)	03039 ИТНО	Комаров И.И., директор ЦИР, к.т.н.
4.9.	Энергосистемы на базе водород-воздушных топливных элементов для робототехнических комплексов	03035 ХиЭЭ	Нефедкин С.И., профессор, д.т.н.
4.10	Воздушные и тепловые аккумуляторы энергии для автономных энергетических установок на базе ВИЭ и тепловых двигателей	03039 ИТНО	Комаров И.И., директор ЦИР, к.т.н.
Направление 5. Передача электрической энергии (электрические сети и кабели)			
5.1.	Высоковольтные распределительные устройства с твердой изоляцией различных классов напряжений	06063 ТЭВН	Ковалев Д.И., ст. преподаватель
5.2.	Аппаратно-программный комплекс диагностики неисправностей, восстановления работоспособности и автоматической реконфигурации электрических сетей надежности воздушных линий электропередачи»	06064 РЗиАЭ	Волошин А.А., директор центра НТИ ТТЭиРИЭ, к.т.н.
5.3.	Аппаратно-программный комплекс «Система оценки надежности воздушных линий электропередачи»	06061 ЭЭС	Тульский В.Н., директор ИЭЭ, к.т.н.
5.4.	Аппарат управления неактивной мощностью сети для повышения качества электроэнергии	05044 ЭМЭЭА	Розанов Ю.К., профессор, д.т.н.
Направление 6. Конечное потребление энергии			
6.1.	«Сверхпроводимость» трубопроводных систем	03040 НЦ Износостойкость	Рыженков А.В., директор НИО НЦ «Износостойкость», д.т.н.
6.2.	Энергоэффективный (умный) район: теплоснабжение	03031 ПТС	Яворовский Ю.В., зав. каф. ПТС, к.т.н.
6.3.	Энергоэффективный (умный) район: электроснабжение	06064 РЗиАЭ	Волошин А.А., директор НТИ

№	НИОКТР (проект)	Подразделение, отв. за реализацию	Научный руководитель
			ТТЭиРИЭ, к.т.н.
6.4.	Комплексная система централизованного кондиционирования зданий на основе применения ТН и АХМ	02024 ТОТ	Сухих А.А., профессор, д.т.н.
6.5.	Информационно-аналитическая система для оптимизации топливно-энергетического баланса региона (на примере крупного города)	03031 ПТС	Султангузин И.А., профессор, д.т.н.
6.6.	Тяговые генераторы и тяговые электродвигатели для мобильных средств с гибридной силовой установкой и электромобилей	05043 ЭКАОиЭТ	Русаков А.М., в.н.с., к.т.н.
Направление 7. Аккумуляирование энергии			
7.1.	ГАЭС башенного типа	03040 НЦ Износостойкость	Волков А.В., зав. каф. ГТМ, д.т.н.
7.2.	Твердофазные литиевые аккумуляторы для автономной энергетики	03035 ХиЭЭ	Смирнов С.Е., профессор, д.т.н.
7.3.	Кинетические накопители энергии с высокотемпературными сверхпроводниковыми подвесами	05044 ЭМЭЭА	Курбатова Е.П., ст. преподаватель, к.т.н.
Направление 8. Цифровизация электроэнергетики			
8.1.	Специализированная энергетическая аппаратно-программная платформа, основанная на технологиях и принципах ЦПС, для контроллеров первичного электрооборудования	06063 ТЭВН	Ковалев Д.И., ст. преподаватель
8.2.	Система поддержки принятия решений оперативного персонала энергообъектов	06064 РЗиАЭ	Волошин А.А., директор центра НТИ ТТЭиРИЭ, к.т.н.
8.3.	Система активного контроля безопасности персонала в процессе работы на энергообъектах	06061 ЭЭС	Насыров Р.Р., доцент, к.т.н.
Направление 9. Технологии индустрии 4.0			
9.1.	Информационно-аналитическая система для верификации, сравнения и выбора инженерного программного обеспечения «ИАСПлат»	03039 ИТНО	Шевченко И.В., профессор, д.т.н.
9.2.	Цифровая платформа для создания цифровых двойников энергетических комплексов и их оборудования (виртуальный энергоблок)	03039 ИТНО	Соколов В.П., зав. каф. ИТНО, д.т.н.
9.3.	Энергоэффективный (умный) дом	03040 НЦ Износостойкость	Рыженков А.В., директор НИО НЦ «Износостойкость», д.т.н.

Наименование проекта: _____

Тема выпускной квалификационной работы: _____

ФИО студента: _____ группа _____

ФИО руководителя проекта: _____

степень, звание, должность _____

ФИО руководителя ВКР: _____

степень, звание, должность _____

ФИО консультанта ВКР: _____

степень, звание, должность _____

Срок	Название задачи	Результат
02.09.19	Указать название решаемой задачи и раздел диссертации, в который войдет результат ее решения	Указать планируемый результат: <i>изложить краткое содержание задачи</i> (какие виды расчетов планируется выполнить, какие методы будут использованы), <i>планируемое содержание выводов по результатам выполнения задачи</i> (например, планируется сделать вывод об эффективности оребрения меридиональных обводов в сопловых решетках турбомашин и возможности применения этого решения в турбомашиностроении), <i>приблизительное описание результата</i> (например, будут определены оптимальные по критерию эффективности формы ребер на меридиональных обводах сопловых решеток турбомашин).
27.09.19	Указать название решаемой задачи и раздел диссертации, в который войдет результат ее решения	Указать планируемый результат: изложить краткое содержание задачи (какие виды расчетов планируется выполнить, какие методы будут использованы), планируемое содержание выводов по результатам выполнения задачи (например, планируется сделать вывод об эффективности оребрения меридиональных обводов в сопловых решетках турбомашин и возможности применения этого решения в турбомашиностроении), приблизительное описание результата (например, будут определены оптимальные по критерию эффективности формы ребер на меридиональных обводах сопловых решеток турбомашин)
15.10.19	Подготовка тезисов доклада на конференцию	Должны быть подготовлены (в соответствии с заранее разосланным шаблоном) и направлены тезисы доклада для включения в сборник тезисов докладов конференции на адрес: akrolin@mail.ru
12.11.19	Подготовка презентации доклада на конференцию	Должна быть подготовлена (в соответствии с заранее разосланным шаблоном) и направлена презентация доклада на адрес: akrolin@mail.ru
25.10.19	Указать название решаемой задачи и раздел диссертации, в который войдет результат ее решения	Указать планируемый результат. К данной контрольной точке должны быть окончательно определены требования к объекту и его характеристики, проведены все конструкторские расчеты, необходимые для построения 3D модели для случая если результатом

Срок	Название задачи	Результат
		работы является создание образца оборудования, или имитационной модели в случае если результатом работы является создание цифрового двойника)
19-21.11.19	Участие во 2-й студенческой конференции «Энергетика. Технологии будущего»	Выступление с докладом на 2-й студенческой конференции «Энергетика. Технологии будущего».
22.11.19	Указать название решаемой задачи и раздел диссертации, в который войдет результат ее решения	Указать планируемый результат
20.12.19	Указать название решаемой задачи и раздел диссертации, в который войдет результат ее решения	Указать планируемый результат. К данной контрольной точке должна быть разработана 3D модель или имитационная модель объекта проекта. 3D модель оборудования или имитационную модель технической системы необходимо направить на адрес akrolin@mail.ru
31.01.20	Указать название решаемой задачи и раздел диссертации, в который войдет результат ее решения	Укажите планируемый результат
10.02.20	Подготовка текста доклада на конференцию	Должен быть подготовлен (в соответствии с заранее направленным шаблоном) и направлен полный текст доклада для включения в сборник докладов конференции на адрес: akrolin@mail.ru
28.02.20	Указать название решаемой задачи и раздел диссертации, в который войдет результат ее решения	Указать планируемый результат
04.03.20	Подготовка презентации доклада на конференцию	Должна быть подготовлена (в соответствии с заранее разосланным шаблоном) и направлена презентация доклада на адрес: akrolin@mail.ru
11-13.03.20	Участие в 3-й студенческой конференции «Энергетика. Технологии будущего»	Выступление с докладом на 3-й студенческой конференции «Энергетика. Технологии будущего».
27.03.20	Указать название решаемой задачи и раздел диссертации, в который войдет результат ее решения	Указать планируемый результат
24.04.20	Указать название решаемой задачи и раздел диссертации, в который войдет результат ее решения	Указать планируемый результат. К данной контрольной точке среди прочих результатов должно быть выполнено ТЭО эффективности внедрения предлагаемой разработки. На адрес akrolin@mail.ru необходимо направить готовые 3D модели оборудования или имитационные модели технических систем
22.05.20	Указать название решаемой задачи и раздел диссертации, в который войдет результат ее решения	Указать планируемый результат
19.06.20	Защита диссертации, подведение итогов реализации ПНИ «Энергетика» (очередь №1).	Диссертация и презентация, отчет и презентация. К данной контрольной точке магистрантами должна быть представлена диссертация и презентация к ее защите, а соискателями степени бакалавра – отчета с презентацией. В диссертации или отчете должен быть разработан окончательный вариант ТЭО эффективности внедрения предлагаемой разработки
31.08.20	Завершение разработки паспорта проекта	К этой дате должен быть полностью разработан паспорт проекта по форме, представленной в приложении 4

к приказу № 469 от « 26 » июль 2019 г.**Форма паспорта НИОКТР**

№	Разделы паспорта проекта (НИОКТР)
<i>Разделы, подлежащие заполнению по результатам 1-2 семестров</i>	
1.	Тема НИОКТР В соответствии с альбомом
2.	Соответствие проекта стратегии научно-технического развития РФ Необходимо указать выбранный приоритет научно-технологического развития Российской Федерации, определенный Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, в соответствии со сферой применения/использования результатов проекта.
3.	Ключевые слова на русском и английском языках Под ключевыми словами понимаются наиболее существенные для выражения содержания документа полнозначные слова и словосочетания, обладающие назывной (номинативной) функцией. В пояснительной записке необходимо указать не менее 10 ключевых слов, разделенных запятыми на русском и английском языках. Ключевые слова должны отражать терминологическую область проекта.
4.	Цель (цели) выполнения проекта , включенного в альбом «Технологии будущего» ПНИ «Энергетика» Цели предлагаемого к реализации проекта должны определять цели научно-технологического развития страны, которые могут быть достигнуты посредством использования ожидаемых результатов исследований. Цели проекта должны быть сформулированы в соответствии с приоритетами научно-технологического развития, определенными Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации. В определении целей проекта должны указываться полезные (технические, технологические, технико-экономические) эффекты, которые могут обеспечиваться использованием (реализацией) предполагаемого(ых) научно-технического(их) результата(ов), например: - получение значимых научных результатов, позволяющих переходить к созданию новых видов научно-технической продукции; - вывод на рынок новой научно-технической продукции, разработанных технологий мирового уровня; - обеспечение экспортного потенциала и замещение импорта; - обеспечение гарантий исключительного положения на рынке товаров (продукции, услуг) и (или) рынке технологий, в том числе за рубежом через использование интеллектуального права; - повышение эффективности применения находящегося в эксплуатации технологического оборудования; - прогрессивные структурные сдвиги в отрасли, технологии, создание новых рабочих мест; - снижение экологической нагрузки на природу внедрением энергосберегающей экологически безопасной технологии производства товаров; - обеспечение промышленности или населения новым видом информационных услуг и т.п.
5.	Задачи проекта Должна быть четко сформулирована научная (научно-техническая) задача(и), подлежащая(ие) решению в ходе проекта, и достаточно полно описаны подходы для решения стоящей(ихся) задачи(задач). В формулировке задачи(задач) исследований должна прослеживаться последовательность и направленность в достижении цели*.

№	Разделы паспорта проекта (НИОКТР)
	К задачам проекта могут относиться: - разработка прототипов технических решений прикладных научно-технических проблем; - моделирование и макетирование различных технических решений и технологических условий, изготовление моделей, макетов, экспериментальных образцов, прототипов новых типов (видов) продукции, технологических линий, оборудования, проведение экспериментов, исследовательских испытаний; - разработка (формулировка) технических требований для создания новых типов (видов) продукции, технологий и т.п.; - создание научно-методических и нормативно-технических документов (методик исследований, стандартов, алгоритмов, программ, лабораторных регламентов и т.п.); Наряду с описанием предлагаемых подходов, порядка действий, хода работ и т.п., должен присутствовать анализ их выбора в сравнении с существующими теориями, методами, подходами и т.п. Должна быть охарактеризована новизна выбранного способа решения поставленной задачи. Должна быть обоснована возможность получения результата, способного к правовой охране. <i>При описании задач необходимо также обеспечить их соответствие задачам, указанным в альбоме ПНИ «Энергетика». Требуется указать задачи, которые уже решены в рамках выполнения ВКР и те, что планируется решить в дальнейшем в ходе выполнения студентом магистерской диссертации.</i> <i>* - задачи могут уточняться по мере выполнения ВКР.</i>
6.	Актуальность проекта Актуальность предлагаемого проекта должна быть обоснована: - ценностью результатов для реализации одного или нескольких приоритетов Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации; - значимостью решаемой задачи с точки зрения преодоления технических, технологических, ресурсных, экологических и др. ограничений на соответствующих направлениях развития экономики страны; - необходимостью проведения исследований в отсутствие возможностей воспользоваться существующими решениями, методами, технологиями; - Обоснование актуальности предлагаемого проекта должно быть приведено на основе: - анализа современных тенденций развития соответствующей области (направления) науки, техники и технологий; - описания состояния исследований (исследованности проблемы) в данной области в России и за рубежом, анализа (оценки) существующих технических (технологических) решений, анализ патентования в сфере планируемых исследований и разработок, в том числе анализ барьеров выхода на рынки технологий, продуктов и услуг; - оценки уникальности предполагаемых исследований (разработок). Должен быть сделан вывод о современных тенденциях развития данной области науки и техники, о соответствии им предлагаемого проекта, а также о месте последнего в спектре работ данного направления и его преимуществах по сравнению с другими подходами.
7.	Описание решаемой проблемы В описании проблемы должен быть отражен обзор современного состояния проблемы, в котором могут быть указаны: - характеристики проблемы как отражение определённых общественных потребностей; - описание общего научно-технического, технологического состояния той или иной отрасли экономики, имеющей обозначенную проблему; - сравнительная характеристика состояния (уровня научно-технологического развития) в аналогичной отрасли экономики (науки) других стран с примерами (описанием опыта) решения указанной проблемы;

№	Разделы паспорта проекта (НИОКТР)
	- описание негативных последствий описываемой проблемы, тормозящих то или иное направление технологического развития.
8.	Научная новизна проекта Должно быть представлено обоснование новизны, инновационной составляющей и научно-технического уровня предполагаемых к разработке и последующей реализации научных и научно-технических результатов, технических и технологических решений. Признаками научной новизны, в частности являются: - постановка новых научных и научно-технических задач; - применение новых методов, инструментов, аппарата исследования; - возможность получения результата, способного к правовой охране. Необходимо отразить недостатки существующих подходов и обосновать, почему необходим новый. При сравнении следует приводить конкретные параметры, которые планируется улучшить в результате выполнения проекта, избегая общих слов: «больше», «меньше», «лучше», «хуже», «инновационный» и т.д. Для сравнения следует выбрать 1-2 самых важных (ключевых) параметра (характеристики), наиболее убедительно иллюстрирующих недостатки существующих технологий или продуктов. <i>Информация о преимуществах предлагаемого решения также приводится на дополнительном слайде (ах) проекта (приложение 5).</i> В разделах 6-8 необходимо ссылаться на современные литературные источники. В сумме должно быть ссылки на не менее чем 5 статей не старше 5 лет, опубликованные в журналах, входящих в Scopus и WoS.
9.	Ожидаемые результаты (промежуточная формулировка на основании результатов, полученных при выполнении ВКР) Должны быть перечислены (поименованы) материальные и(или) нематериальные результаты работ, представлены конкретные формулировки с указанием точных характеристик (количественных и качественных) планируемых результатов исследований в рамках проекта. В описании научно-технических результатов, планируемых к получению при выполнении исследований в рамках проекта, должна быть раскрыта сущность проекта, выражающаяся в совокупности его существенных признаков. Исходя из целей проекта, результатами исследований могут быть: - вновь разработанные технические и(или) технологические принципы, методические подходы в исследуемой области, для создания новых видов продукции и способов производства (технологий); - расчеты и математические (программные) модели явлений, процессов, технологий и т.п.; - алгоритмы, методы, методики решения различных технических, технологических задач; - отдельные технические и технологические решения по созданию новых видов продукции и способов производства (технологий), а также прототипы различных технических, программных, технологических решений прикладных научно-технических проблем и задач; - связанная с объектами исследований вновь создаваемая научно-методическая и нормативно-техническая документация (программы и методики измерений, стандарты, лабораторные регламенты); - результаты интеллектуальной деятельности, а также предложения и рекомендации по их использованию и правовой охране (в том числе за рубежом) и способам наиболее эффективного управления правами на них; - сформулированные технические требования в виде проектов технических заданий на проведение ОКР/ОТР по созданию новых типов/видов продукции, технологий; <i>Обязательным результатом ВКР должна являться 3D модель оборудования или имитационная модель технической системы.</i>

№	Разделы паспорта проекта (НИОКТР)
10.	Технические требования к разработке (промежуточная формулировка на основании результатов ВКР) Должны быть установлены основные технические требования, обеспечивающие выполнение стоящих перед проектом задач, в том числе требования, выработанные на основе анализа отечественных и зарубежных материалов, результатов ранее выполненных прогнозно-поисковых и прикладных НИР, достижений и перспективных направлений развития науки и техники в области разрабатываемой проблемы. Требования должны быть сформулированы четко, исключая возможность их неоднозначного толкования и субъективной оценки качества продукции. Величины, определяющие требования и технические характеристики продукции, указываются с допускаемыми отклонениями или оговариваются их максимальные или минимальные значения. Статистические параметры задаются с указанием уровня вероятности, которому соответствует данное значение параметра. Раздел должен детализировать требования к качественным и количественным характеристикам работ, а также требования к результатам работ по назначению, составу и назначению их составных частей и компонентов, требования по различным техническим характеристикам и параметрам. В общем случае в разделе должны быть отражены: - требования по назначению научно-технических результатов; - требования к показателям назначения, техническим характеристикам научно-технических результатов проекта; - требования к объектам экспериментальных исследований. 1. Требования по назначению научно-технических результатов Должны быть сформулированы требования по назначению к перечисленным в п. 9 результатам проекта с точки зрения их практического (функционального) предназначения. 2. Требования к показателям назначения, техническим характеристикам научно-технических результатов проекта Должны быть сформулированы требования к техническим качественным и (или) количественным характеристикам предполагаемых результатов проекта. Номинальные значения величин, определяющих количественные (качественные) требования, характеристики (параметры), нормы и показатели результатов проекта и условий их применения (реализации), приводят с допустимыми отклонениями. В случае указания наибольших и (или) наименьших допустимых значений величин должны быть указаны пределы допускаемых погрешностей их измерений (оценки). В подразделе должны быть сформулированы технические требования к объектам, их составным частям и компонентам в которых предполагается реализация разработанных в ходе проекта технических (конструкторских, программных, технологических) решений. Такими объектами, как правило, являются макеты, функциональные модели, лабораторные установки, а также экспериментальные образцы и т.п. 3. Требования к объектам экспериментальных исследований В случае разработки экспериментального(ых) образца(ов) (макет, лабораторная установка и т.п.) требования устанавливаются по каждому экспериментальному образцу (макету, лабораторной установке и т.п.). Состав технических требований к объекту экспериментальной реализации разработанных в рамках проекта технических решений в общем случае с учетом рода работ и вида объекта исследований может включать в себя следующие группы требований: - требования по составу (объекта); - требования к функционированию (объекта); - требования к показателям назначения, параметрам, техническим характеристикам.

№	Разделы паспорта проекта (НИОКТР)
	Должен быть приведен перечень аппаратных составных частей и (или) программных, технологических компонентов объекта, а также требования по их функциональному назначению. Должны быть установлены требования по составу выполняемых функций, требования к функциональным характеристикам (параметрам), обеспечивающим выполнение объектом (экспериментальным образцом, макетом и т.п.) своих функций в заданных условиях исследований. Должны быть установлены (сформулированы) требования по количественным и качественным характеристикам по предназначению объекта, показателям и техническим характеристикам, определяющим эффективность объекта, а также требования к техническим характеристикам (параметрам), его функционирования. При разработке программного обеспечения и программных компонентов приводятся требования к программному обеспечению. В состав требований к исследовательским (стендам, установкам) должны быть включены требования по составу и назначению составных частей стенда (установки), требования по функционированию, требования к количественным и качественным характеристикам, определяющим его функционирование. Требования устанавливаются по каждому стенду/установке.
Разделы, подлежащие заполнению по завершении выполнения ВКР	
11.	Научный (научно-технический) задел Необходимо представить сведения о наличии имеющихся результатов, формирующих научный (научно-технический) задел проекта (с учетом реализации ВКР). Должны быть представлены сведения о: - результатах ранее выполненных работ (НИР, ОКР, ОТР) в предметной области проекта, формирующих научный (научно-технический) задел проекта, в том числе учтенных в государственных информационных системах; - публикациях ключевых исполнителей по теме исследований (статьи, монографии, научные доклады), формирующих научный (научно-технический) задел проекта, опубликованных за последние 5 лет, в том числе в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science; - публикациях (от 3-х до 5-ти) в рецензируемой печати по тематике предлагаемого проекта, которые наиболее полно отражают мировой уровень в данной области (научных исследований, технологий), и авторами которых являются ведущие отечественные и зарубежные специалисты в данной области, с указанием следующих сведений о приведенных публикациях: фамилия первого автора, год опубликования, название статьи, научный журнал, импакт-фактор журнала, URL ссылка на краткое резюме статьи на сайте журнала или в электронной библиотеке с бесплатным доступом, DOI – цифровой идентификатор документа. - охраняемых результатах интеллектуальной деятельности в предметной области проекта, формирующих научный (научно-технический) задел проекта, созданных ключевыми исполнителями за последние 5 лет.
12.	Материально-техническая база, необходимая для выполнения исследований Необходимо представить сведения о наличии у научной группы материально-технической базы, необходимой для выполнения исследований и развития имеющегося научного (научно-технического) задела до стадии готовности к практическому применению. Должны быть представлены сведения о: - наличии подтвержденного доступа и возможности использования объектов научной инфраструктуры, необходимых для реализации проекта и развития имеющихся научных заделов до стадии готовности к практическому применению; - наличии подтвержденного доступа и возможности использования производственных мощностей (опытно-экспериментального производства), необходимых для реализации проекта и развития имеющихся научных заделов до стадии готовности к практическому применению;

№	Разделы паспорта проекта (НИОКТР)
	- наличии подтвержденного доступа и возможности с обоснованием необходимости (или отсутствия необходимости) использования при выполнении исследований научного оборудования центров коллективного пользования (ЦКП), в том числе включающих уникальные научные установки (УНУ), необходимых для реализации проекта и развития имеющихся научных заделов до стадии готовности к практическому применению; - наличии подтвержденного доступа и возможности с обоснованием необходимости (или отсутствия необходимости) использования при выполнении исследований объектов зарубежной инфраструктуры исследований и разработок, необходимых для реализации проекта и развития имеющихся научных заделов до стадии готовности к практическому применению.
13.	Коллектив ключевых исполнителей Должны быть представлены сведения о степени участия ключевых исполнителей в работах по формированию научного (научно-технического) задела проекта. Должна быть обоснована численность ключевых исполнителей и достаточность заявленного количества специалистов соответствующей квалификации по каждой необходимой специализации для получения ожидаемого научно-технического результата, достижения целевых показателей в заявленные сроки и развития имеющегося научного (научно-технического) задела до стадии готовности к практическому применению.
14.	Рыночный потенциал проекта. ТЭО внедрения разработки <i>1. Рыночный потенциал проекта</i> <i>1.1. Продукт</i> Должны быть представлены сведения о наличии перспектив правовой охраны и использования планируемых результатов проекта для создания продукции/услуг/технологий (продуктов), идентифицирована номенклатура новых видов продуктов, которые могут быть созданы с использованием результатов проекта. <i>1.2. Рыночная ситуация</i> Необходимо представить сведения о: - результатах анализа текущего состояния и перспектив развития отраслей, формирующих потенциальный рынок продукции/услуг/технологий, которые могут быть созданы с использованием результатов проекта; - результатах анализа рынка продукции/услуг/технологий, которые могут быть созданы с использованием результатов проекта; - наличии и динамике развития рынка аналогичных продуктов; - перспективах реализации продукции/услуг/технологий, которые могут быть созданы с использованием результатов проекта (в рублях и натуральных единицах), на горизонте в 5 лет после окончания реализации проекта); - возможности создания новых потенциальных рынков продуктов/услуг/технологий, создаваемых с использованием результатов проекта Необходимо указать конечных потребителей и потенциальные целевые потребительские сегменты продуктов/услуг/технологий, создаваемых с использованием результатов проекта, провести анализ платежеспособности и динамики развития конечных потребителей, обосновать востребованность потенциальных продуктов рынком. К потребителям продуктов/ услуг/ технологий, создаваемых с использованием результатов проекта, могут относиться учреждения, предприятия и организации, потенциально способные использовать результаты проекта как в своей повседневной деятельности, так и в создании новых видов продукции, услуг, технологий.

№	Разделы паспорта проекта (НИОКТР)
	1.3. Конкурентная среда Должен быть выполнен анализ существующих решений; обосновано, что продукт решает проблему потребителя способами, отличными от используемых конкурентами. Должны быть определены ключевые характеристики продукции/услуг/технологий, которые могут быть созданы с использованием результатов проекта, которые обеспечивают наличие существенных конкурентных преимуществ. 1.4. Доведение до потребителя, использование результатов Должны быть описаны возможные пути и необходимые действия по доведению научно-технических результатов проекта до его потребителя («траектория» движения результата от разработчика к потребителю), включая создание хозяйственных обществ и (или) хозяйственных партнёрств, привлечение инвестиций такими обществами и партнёрствами, лицензирование и (или) отчуждение прав на результаты, обеспечение авторского надзора при использовании результатов интеллектуальной деятельности. 1.5. Коммерческая и (или) социальная значимость ожидаемых результатов Должны быть представлены сведения, обосновывающие коммерческую и(или) социальную значимость проекта, в том числе: - оценка масштабов возможного использования ожидаемых результатов проекта, в том числе степень влияния результатов проекта на развитие отрасли, перспективы масштабирования в другие отрасли, наличие потенциала мультипликативного технологического влияния на развитие нескольких отраслей («сквозной» характер результатов, технологий) и стратегическое значение для страны в целом; - оценка прогнозируемых социально-экономических эффектов от потребления продукции/услуг/технологий, которые могут быть созданы с использованием результатов проекта, в том числе: (а) возможность оказания социально значимых услуг (социальная значимость продукта); (б) количество предполагаемых к созданию высокопроизводительных рабочих мест; (в) совершенствование технологических процессов с точки зрения снижения издержек производства, повышения производственной безопасности (включая экологическую); (г) повышение уровня автоматизации производства; (д) обеспечение гибкости производств, сокращение производственного цикла и др.; - обоснование перспективности вновь создаваемой интеллектуальной собственности в части патентоспособности ожидаемых результатов исследований и их лицензионных возможностей; - прогнозируемый экономический эффект от использования результатов проекта (бюджетная и коммерческая эффективность проектов, созданных с использованием результатов данного исследования за счет коммерциализации в экономически целесообразных объемах), в том числе прогнозная оценка налоговых поступлений в бюджеты всех уровней от использования результатов интеллектуальной деятельности, созданных в рамках проекта, и потенциальное влияние на увеличение налогооблагаемой базы. 1.6. Риски проекта Должен быть проведен детальный анализ рисков реализации проекта, включая: - риски вывода на рынок продукта, создаваемого с использованием результатов проекта; - риски осуществимости предлагаемых научно-технических подходов; - риски неполучения запланированных результатов;

№	Разделы паспорта проекта (НИОКТР)
	- риски, связанные с правовой охраной и использованием результатов интеллектуальной деятельности; - риски постановки продукции на производство и (или) сбыта продукции (услуг); - экологические риски. 2. ТЭО проекта Необходимо выполнить ТЭО эффективности внедрения проекта в упрощенном виде. Для этого необходимо: - рассчитать годовой экономический эффект (доход), получаемый от реализации проекта за счет коммерциализации в экономически целесообразных объемах (При определении годового эффекта взять за основу оценки, сделанные при выполнении п.14, раздел 1.4.; в тех случаях, когда окупаемость происходит от объема выработанной и/или переданной тепловой и/или электрической энергии рекомендуется учитывать прогнозную динамику изменения тарифов на энергоресурсы, приведенную в прогнозах социально-экономического развития Российской Федерации Минэкономразвития РФ); - провести оценку связанных с выполнением проекта в данных объемах капитальных затрат (учесть все затраты, связанные с созданием продукта – от проектирования до изготовления, монтажа и пуско-наладочных работ); - оценить годовые эксплуатационные затраты, связанные с использованием данного вида оборудования или технологии; - рассчитать коммерческие показатели эффективности проекта, включая простой и дисконтированный сроки окупаемости, чистый доход и чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, индекс рентабельности инвестиций.
15.	План выполнения дальнейших исследований. План выполнения дальнейших научных исследований и экспериментальных разработок должен представлять собой развёрнутый план работ, в котором указаны: - содержание выполняемых работ и мероприятий на этапах; - перечень документов, разрабатываемых на этапах; - сроки, стоимость и предполагаемый источник финансирования планируемых работ.
После завершения выполнения ВКР необходимо будет провести корректировку разделов, указанных в пп. 5-9 данной формы.	

Пример заполнения первой части разделов паспорта проекта

1. Тема НИОКТР

«Разработка технологий автономного производства тепловой и электрической энергии за счет использования местных низкокалорийных энергетических ресурсов Арктической зоны России для энергоснабжения индивидуальных и коллективных потребителей в условиях децентрализованных энергосистем».

2. Приоритет стратегии

Проект направлен на проведение прикладных научных исследований, направленных на реализацию приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации:

- основной приоритет - б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике; повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;
- дополнительный приоритет - е) связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики.
- дополнительный приоритет – д) противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства»

3. Ключевые слова

а. На русском языке

Автономная энергетическая установка, когенерация, пневматический аккумулятор электрической энергии, тепловой аккумулятор, свободно-поршневой двигатель, двигатель Стирлинга, теплообменные аппараты со сложной системой капиллярных каналов, аддитивные технологии, биотопливо, слоевое сжигание, биотопливный котел, повышение эффективности выработки электрической энергии и тепла, увеличение удельной мощности свободно-поршневого двигателя, интенсификация теплообмена, повышение маневренности генерирующего оборудования.

б. На английском языке

Independent power plant, cogeneration, compressed air energy storage, heat energy storage, free piston engine, stirling engine, heat exchanger with the complex system with capillary channels, additive technology, biofuel, grate firing, biofuel boiler, increasing of efficiency of electricity and heat production, increasing the specific power of a free piston engine, heat transfer augmentation, increasing flexibility of the energy module

4. Цель (цели) НИОКТР

Целью проекта является разработка технологических решений для создания когенерационных автономных энергетических модулей (КАЭМ) малой мощности, работающих за счет использования местных низкокалорийных энергетических ресурсов Арктической зоны, в частности низкосортных углей и биотоплив, произведенных из растительной биомассы, для энергоснабжения индивидуальных и коллективных потребителей в условиях функционирования в составе децентрализованных энергосистем, характеризующихся высокой неравномерностью потребления электрической и тепловой энергии, и экстремально низких температур, что будет способствовать переходу к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, активному использованию нетрадиционных источников энергии (биосырья и биотоплива, производимого на его основе), а также внесет свой вклад в обеспечение связанности территории Российской Федерации и социально-экономическое развитие Арктической зоны.

Практическое применение разработанных в рамках проекта технологических решений путем создания новых когенерационных автономных энергетических моделей малой мощности будет способствовать: повышению надежности энергоснабжения научно-исследовательских, коммунально-бытовых объектов и добывающих комплексов; снижению себестоимости производства электрической и тепловой энергии за счет активного использования дешевых местных энергетических ресурсов; замещению импортных дизельных, газопоршневых и котельных установок отечественными образцами, имеющими более высокую конкурентоспособность; созданию новых рабочих мест в сфере производства биотоплива из местного биосырья (древесные опилки, щепа).

5. Задачи и возможные пути их решения

Основная задача ПНИЭР состоит в разработке технологии совместной генерации электрической и тепловой энергии за счет использования местных твердых топлив, доступных в Арктической зоне РФ на базе когенерационного автономного энергетического модуля малой мощности с энергетическими характеристиками, превышающими аналоги. Электрическая мощность разрабатываемого двигателя должна составлять не менее 4 кВт, тепловая не менее 12 кВт при сниженной металлоемкости не менее чем на 14 % по сравнению с современными аналогами. Для успешной реализации проекта необходимо решить ряд научно-исследовательских задач:

1. Разработка и оптимизация тепловых схем автономного энергетического модуля. Имитационное моделирование функционирования КАЭМ в децентрализованных энергосистемах с различной структурой потребления энергии.

В первую очередь будут разработаны варианты тепловых схем когенерационного автономного энергетического модуля. Значения параметров предложенных схем будут оптимизированы с позиции максимизации КПД модуля, будут предусмотрены мероприятия по обеспечению высокой маневренности (применение пневматических и тепловых аккумуляторов). Построение моделей тепловых схем позволит на ранних этапах определить условия работы модуля и сформировать наиболее четкие требования к облику разрабатываемого КАЭМ, к его маневренным характеристикам, что важно для проработки каждого из узлов. Для различных климатических условий и неравномерности потребления энергии будут определены требования к пневматическим аккумуляторам электрической энергии и аккумуляторам тепловой энергии, которые позволят компенсировать неравномерность суточных нагрузок энергопотребления. Данная задача будет решена с помощью программных комплексов GateCycle и AspenONE, предназначенных для моделирования разнообразных технологических схем с целью определения и оптимизации параметров их работы.

2. Разработка технических решений для создания теплового аккумулятора и пневматического аккумулятора электрической энергии для эксплуатации в составе КАЭМ в арктических условиях.

Необходимость разработки аккумуляторов энергии в рамках настоящего проекта определяется необходимостью осуществлять регулирование в широком диапазоне нагрузки КАЭМ для покрытия спроса на электрическую и тепловую энергию, характеризующегося высокой степенью неравномерности в суточном и годовом разрезах.

В целях повышения эффективности пневматического аккумулятора будут решены задачи:

- разработка технических решений по повышению аэродинамической эффективности компрессора и турбины пневматического аккумулятора за счет оребрения рабочих колес;
- разработка технических решений по минимизации гидравлического сопротивления регулирующей арматуры пневматического аккумулятора на всех степенях открытия;
- разработка антиобледенительной системы, обеспечивающей работоспособность пневматического аккумулятора в арктических условиях.

Указанные решения будут разработаны при активном применении методов инженерного анализа, численного моделирования, инструментов трехмерного профилирования и будут верифицированы путем проведения экспериментальных исследований созданного образца аккумулятора.

В целях повышения теплового аккумулятора будут решены задачи:

- разработка предложений по использованию композитной тепловой изоляции.

Предполагается, что в рамках проекта будут предложена композитная тепловая изоляция, обеспечивающая на 20% более длительное сохранение температуры теплоносителя в рабочем диапазоне значений.

3. Разработка технических решений для создания эффективного котельного агрегата, работающего на местных низкокалорийных энергоресурсах (твердом биотопливе и низкосортном угле), который включает в себя:

- разработку конструкций топочной камеры и схемы подвода топлива и окислителя для эффективного сжигания летучих компонент в закрученном потоке;
- разработку решений для борьбы с уносом твердых частиц топлива из зоны активного горения;
- разработку конструкции устройств, предназначенных для предварительной термической подготовки топлив за счет теплоты уходящих газов.

На первом этапе разработки решений для создания перспективного биокотла планируется проведение подробных теоретических исследований, включающих в себя:

- определение оптимального соотношения между первичным и вторичным воздухом для различных схем подвода окислителя и вариантов организации топочного пространства;
- определение влияния термической подготовки топлива на параметры процесса их горения;
- исследование и разработка различных способов сжигания летучих компонент в закрученном потоке;
- исследование и разработка различных способов борьбы с уносом при слоевом сжигании твердого топлива.

Предполагаемые методы исследования должны обеспечивать детальное изучение особенностей организации горения твердых топлив, в том числе способов организации двухступенчатого сжигания. Предполагается изучение нескольких способов организации подвода вторичного воздуха: встречный, прямой (вектор струи вторичного воздуха направлен ортогонально вектору горячих газов), тангенсальный. В ходе исследования планируется установить универсальные соотношения расходов первичного и вторичного воздуха для дожигания летучих веществ. Теоретические исследования будут выполнены при активном использовании различных инструментов численного моделирования (Ansys CFX и Fluent), будут построены конечно-элементные модели для расчета сопряженной задачи расчета горения топлива и газодинамики потока.

На втором этапе будут разработаны и изготовлены экспериментальный стенд и экспериментальный образец топочной камеры биокотла, проведены физические эксперименты на огневом стенде, в целях проверки работоспособности разработанных решений, работоспособности теплообменной системы двигателя Стирлинга в условиях подвода теплоты в цикл, соответствующим реальным.

В итоге будет разработана конструкция биокотла, обеспечивающего стабильное, контролируемое горение твердых низкосортных топлив с высокими экологическими и энергетическими показателями.

4. Важной задачей в разработке и создании КАЭМ является создание технических решений, обеспечивающих увеличение на 14% удельной мощности двигателя работающего по циклу Стирлинга при КПД по выработке электрической энергии не менее 26 %. Для этого будут выполнены следующие задачи:

- исследование и анализ теплофизических свойств рабочих тел двигателя Стирлинга, выбор наиболее перспективных с точки зрения повышения частоты его работы;
- термодинамический анализ цикла Стирлинга и определение оптимальных по критерию максимума КПД параметров рабочего тела в каждой точке цикла (давление, температура) для различных рабочих тел;
- исследование влияния эффективности теплообменной системы и её гидравлического сопротивления на параметры работы двигателя;
- разработка тепловой модели двигателя Стирлинга, учитывающей гидравлическое сопротивление теплообменной системы и неидеальность процесса теплопередачи;
- разработка теплообменной системы для подвода/отвода теплоты из цикла двигателя и регенератора теплоты: разработка конструкции теплообменного аппарата «горячие

газы/рабочее тело двигателя» со сложной системой капиллярных каналов, проработка возможности его изготовления с помощью аддитивных технологий, разработка конструкции теплообменного аппарата «холодный источник/рабочее тело двигателя», разработка оригинальной матричной конструкции регенератора, проработка возможности его изготовления с помощью аддитивных технологий.

Для разработки эффективных теплообменных систем, обеспечивающих нагрев рабочего тела двигателя до заданного уровня температур, будут использоваться численные методы исследования, применение которых позволит получить подробную картину протекания процессов теплообмена (распределение тепловых потоков, эпюры температуры на поверхности теплообменной поверхности) и сделать выводы об эффективности и работоспособности конструкции. Проведение численных экспериментов будет включать в себя решение сопряженных задач (горения топлива и теплообмен) и моделирование нестационарных процессов. В ходе разработок будут выбраны наилучшие конструкции и созданы физические модели для проведения экспериментальных исследований.

В ходе работ будет разработан и изготовлен экспериментальный образец двигателя Стирлинга и экспериментальные стенды для исследования его рабочих характеристик и эффективности работы в комплексе с оригинальной теплообменной системой. Результаты испытаний позволят верифицировать данные теоретических исследований в каждой фазе работы двигателя.

В рамках выполнения проекта будут поданы 4 патентные заявки:

- изобретение: «Автономная энергетическая установка малой мощности для совместной выработки тепловой и электрической энергии за счет использования местных низкосортных твердых топлив в условиях децентрализованных энергетических систем и экстремально низких температур».
- изобретение: «Теплообменная система на базе капиллярной архитектуры».
- полезная модель: «Конструкция топочной камеры для сжигания летучих газов в закрученном потоке».
- полезная модель: «Антиобледенительная система для пневматических аккумуляторов электрической энергии, работающих в климатических условиях Арктической зоны».

6. Описание проблемы

Реализация планов по социально-экономическому развитию Арктической зоны РФ невозможна без наличия надежной системы энергоснабжения, способной в условиях сурового климата и большой протяженности территорий удовлетворять постепенно возрастающие потребности в электрической и тепловой энергии. Арктическая зона Российской Федерации включает в себя: Мурманскую область, Ямало-Ненецкий и Чукотский автономные округа, частично: Республику Коми, Архангельскую область, Красноярский край, Республику Саха (Якутия). Территория Арктической зоны Российской Федерации составляет 4386,6 тыс. кв. км и занимает 25,7% от общей площади страны. Арктическая зона имеет ключевое геополитическое значение. На её территории сосредоточено 90 % извлекаемых ресурсов углеводородов всего континентального шельфа Российской Федерации, проживает более 2,5 млн человек и сосредоточены крупные производственные активы судостроительных (АО «ПО «СевМаш», АО «Центр судоремонта «Звездочка») и добывающих компаний (ПАО «ГМК «Норильский никель», ПАО «Газпром», ПАО «АЛРОСА», ПАО «Роснефть»). На данный момент экономика Российской Арктики обеспечивает более 10% ВВП страны и производит более 20% российского экспорта (газ, нефть, минеральные полезные ископаемые), согласно данным книги Энергия Арктики/М.О. Моргунова, А.Я. Цуневский/под научн. ред. В.В. Бушуева – М.: ИЦ «Энергия», 2012. — 84 с.

Уровень централизации и состояние электроэнергетической системы Крайнего Севера может существенно отличаться в отдельно взятых регионах. Архангельская область и отдельные районы Республики Коми являются территориями с ограниченной конкуренцией на оптовом рынке электрической энергии и мощности. Чукотский автономный округ, Республика Якутия и отдельные районы Красноярского края технологически изолированы от Единой энергетической системы, энергетическая система указанных субъектов РФ

функционирует автономно. Энергетическая система Мурманской области и Ямало-Ненецкого автономного округа подключена к Единой энергетической системе РФ. Однако даже при высоком уровне централизации энергоснабжения на практике подключены к магистральным линиям электропередачи, как правило, потребители, расположенные в черте крупных городов, например, Мурманск, Архангельск, Северодвинск, Норильск, Воркута. Малые населенные пункты и промышленные объекты (в особенности в сфере добычи природных ресурсов), расположенные на значительном удалении от крупных центров, обеспечиваются электрической энергией от децентрализованных источников электрической и тепловой энергии, в качестве которых выступают дизельные электростанции (ДЭС), газопоршневые установки (ГПУ), газотурбинные электростанции (в случае расположения установок в непосредственной близости от газотранспортной системы и добывающих скважин) и котельные малой мощности. Например, в республике Саха (Якутия) централизованным электроснабжением охвачено только 37% территорий, а порядка 160 населенных пунктов обеспечивается электроэнергией от дизельных электростанций и газопоршневых установок. В силу большой протяженности территорий Арктической зоны, а также низкой плотности населения и наличия удаленных населенных пунктов, развитие централизованных систем энергоснабжения представляется нецелесообразным в силу высоких капитальных затрат, которые потребуются для строительства магистральных линий электропередач и транспорта высококалорийных углеводородов (природного газа и нефти).

Использование для энергообеспечения удаленных потребителей установок на базе двигателей внутреннего сгорания, работающих на высококалорийных и дорогостоящих топливах (дизельное топливо, сжиженный природный газ, печное топливо), сопряжено со значительными затратами на транспортировку топлива к месту потребления, вследствие чего себестоимость отпуска электроэнергии оказывается крайне высокой (порядка 10-15 руб./кВт*ч, до 40 руб./кВт*ч). Кроме того, существенной проблемой является отсутствие хорошо развитой транспортной инфраструктуры, что обуславливает высокий риск срыва поставок топлива и низкую надежность электро- и теплоснабжения. В совокупности указанные проблемы актуализируют развитие децентрализованных энергетических систем, источником энергии в которых должны выступать энергетические установки, работающие на местных видах низкосортных энергетических ресурсов, в избытке представленных в Арктическом регионе.

Анализируя зарубежный опыт решения проблемы энергоснабжения арктических территорий можно отметить, что распределенная генерация составляет значительную долю в энергообеспечении. Более 25% производства электрической энергии в Арктической зоне Дании приходится на станциях, использующих возобновляемые источники энергии (ветроустановки, биотопливо, гидроэнергетика). Для Исландии этот показатель составляет 20%, а в Финляндии около 15%. Стоит отметить, что в Арктической зоне других стран на данный момент активно развиваются установки, работающие на энергии солнца и ветра. Однако зависимость данных технологий от погодных условий приводит к тому, что для обеспечения гарантированного отпуска энергии в составе децентрализованных энергосистем необходимо наличие источника энергии, работающего независимо от окружающей среды. Одним из таких решений является комбинация солнечных и дизельных энергетических установок. Разумной альтернативой использованию дизельной генерации является создание и развитие установок, работающих на топливе, которое можно легко произвести из местного сырья и отходов (низкокачественного угля и топливных гранул, изготовленных из отходов деревообрабатывающих производств).

Отсутствие решения проблемы надежного и экономически эффективного энергоснабжения децентрализованных потребителей, расположенных в Арктической зоне РФ будет тормозить любые инициативы по социально-экономическому развитию Арктики, поскольку высокая себестоимость электроэнергии является большой нагрузкой для местных бюджетов регионов в силу необходимости компенсации разницы между социально приемлемым тарифом и фактической стоимостью энергетической продукции. Отсутствие уверенности у бизнеса в возможности покупки электрической и тепловой энергии по доступным ценам будет оставаться существенным барьером на пути повышения экономической активности территорий Крайнего Севера.

7. Обоснование актуальности

Стратегия научно-технологического развития РФ определила получение научно-технических результатов и создание на их основе технологий, направленных на переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, формирование новых источников и способов транспортировки энергии, а также освоение территорий Арктической зоны РФ в качестве приоритетов развития. В рамках проекта будут созданы технические решения, обеспечивающие возможность создания когенерационного автономного энергетического модуля (КАЭМ) для выработки тепловой и электрической энергии на основе использования низкокалорийных энергетических ресурсов Арктической зоны. Эксплуатация перспективной энергетической установки, представляющей собой комбинацию твердотопливного биокотла, двигателя Стирлинга и аккумуляторов тепловой и электрической энергии, приведет к снижению потребления дорогостоящего углеводородного топлива (дизеля и природного газа), повышению эффективности использования ресурсов Арктики и полезному использованию отходов деревообработки.

Современные свободнопоршневые двигатели Стирлинга обеспечивают высокий для генерирующих установок малой мощности КПД равный 25 % и обладают достаточно высоким ресурсом до капитального ремонта, достигающим значений 60 000-80 000 часов, что в 2-3 раза превышает аналогичный показатель у дизельных генераторов. Мощностной ряд двигателей Стирлинга достаточно широк: от 1 до 250 кВт. Соответственно, двигатели Стирлинга могут использоваться как для индивидуального электроснабжения, так и для обеспечения энергией малых населенных пунктов, находящихся в изолированных районах с неразвитой инфраструктурой и при этом обеспечивать высокие эксплуатационные показатели при невысоких капитальных затратах.

Целесообразность решения указанной проблемы на основе обозначенных решений обусловлена в том числе тем, что использование местных твердых видов топлив и твердых биотоплив, произведенных из растительной биомассы, доступных в Арктической зоне РФ затруднительно для выработки электрической энергии на основе традиционных для энергетики энергоустановок малой мощности. Существующие двигатели внутреннего сгорания (дизель-генераторы, газопоршневые установки) работают на высококачественном и дорогостоящем топливе (дизеле и природном газе), характеризуются низким ресурсом до капитального ремонта (15 000 моточасов для ДЭС и 45 000 моточасов для ГПУ мощностью до 1 МВт). Традиционные двигатели внешнего сгорания – паротурбинные установки (ПТУ) предназначены для энергообеспечения крупных потребителей. Создание ПТУ микро- и малой мощности экономически нецелесообразно в силу большой металлоемкости паровой турбины и котла, которая тем выше, чем меньше установленная мощность. Как правило, мощность паротурбинных установок малой мощности начинается от 100 кВт. Другой тип двигателей внешнего сгорания – газотурбинные установки (ГТУ) – характеризуются более низкой границей минимальной установленной мощности (вплоть до 30 кВт у микротурбинных установок фирмы Capstone). Однако в качестве топлива в ГТУ может быть использовано либо жидкое (керосин, дизель), либо газообразное топливо с высокой теплотворной способностью, в частности, природный газ. На сегодняшний день перспективным решением проблемы тепло- и электроснабжения малых коллективных и индивидуальных потребителей, находящихся в изолированных районах, является развитие когенерационных установок, работающих на местных низкосортных видах топлива и использующих в качестве привода электрогенератора двигателя Стирлинга.

Актуальность развития подобных энергоустановок также подтверждается наличием соответствующих патентов. В патентах РФ № 160122 и РФ № 2300654 описаны автономные когенерационные установки с двигателем Стирлинга, работающие на биотопливе (щепе, древесине). Существенным отличием данных энергетических модулей является наличие в технологической схеме газификаторов низкосортного топлива для получения генераторного газа, пригодного для сжигания в камере сгорания двигателя Стирлинга. Двухстадийное сжигание твердого топлива значительно усложняет технологическую схему генерирующей установки, что в свою очередь приводит к увеличению металлоемкости конструкции и ее удорожанию. Представленные сегодня на рынке двигатели Стирлинга, в том числе

реализуемые российскими компаниями (компания Президент-Нева и BPC Group), предназначены для работы не только на газовом топливе. Предлагаемая технология получения тепловой и электрической энергии, представляющая собой комбинацию биотопливного котельного агрегата и двигателя Стирлинга может стать решением проблемы, обозначенной в разделе «Описание проблемы».

Разработка предлагаемой технологии включает в себя три важные группы научно-технических задач.

Первая группа задач связана с решением основной проблемы двигателя Стирлинга – высокой металлоемкости (низкой удельной мощностью), которая является препятствием для развития энергоустановок данного типа. При транспортировке оборудования на большие расстояния габариты и масса выступают критическим параметром. Повышение удельной мощности традиционно идет по пути увеличения давления рабочего тела, однако повышение давления сверх 100-120 атм представляется нерациональным в силу необходимости утолщения стенок гильзы двигателя и усложнения системы уплотнений. Альтернативным способом увеличения удельной мощности двигателя является увеличение частоты работы двигателя, что можно реализовать при неизменном рабочем объеме, путем использования рабочих тел с высокой теплопроводностью, теплоемкостью и малой динамической вязкостью (гелий, водород), а также благодаря интенсификации процесса теплообмена между горячим/холодным источниками и рабочим телом двигателя. В настоящее время ведутся работы, касающиеся вопросов разработки и улучшения систем теплообмена. Например, в статье Timoumi Y., Tlili I., Nasrallah S. B. Performance optimization of Stirling engines //Renewable Energy. – 2008. – Т. 33. – №. 9. – С. 2134-2144 изучают влияние конструкции и свойств материала регенератора двигателя Стирлинга на его выходную мощность и эффективность работы. А публикация Crema L. et al. Development of a pellet boiler with Stirling engine for m-CHP domestic application //Energy, Sustainability and Society. – 2011. – Т. 1. – №. 1. – С. 5 посвящена вопросам создания когенерационных модулей, сочетающих в себе пеллетный котел и двигатель Стирлинга.

Конструкция теплообменной системы должна обеспечивать эффективную передачу теплоты, при низком гидравлическом сопротивлении. Для выполнения данной задачи будут разработаны варианты конструкции теплообменного аппарата со сложной системой капиллярных каналов, для изготовления которых целесообразно применение аддитивных технологий.

Еще одним немаловажным фактором эффективного функционирования когенерационного модуля является обеспечение его маневренности и возможности изменения соотношения вырабатываемых тепловой и электрической энергии, что связано с существенной неравномерностью суточного потребления энергии, обусловленной в том числе суровыми климатическими условиями в Арктической зоне. Для решения указанной проблемы будут разработаны технические решения для аккумулирования электрической и тепловой энергии. Для хранения электрической энергии предлагается разработать пневматический аккумулятор с эффективной регулирующей арматурой, компрессором и турбиной, оборудованный специальной антиобледенительной системой, обеспечивающей работоспособность оборудования при температурах до -60 оС. В части создания тепловых аккумуляторов будут подобраны комбинации теплоизоляционных материалов, обеспечивающих максимальное сохранение теплоты в условиях Арктических морозов.

Третья группа задач ориентирована на разработку котельного агрегата, работающего на местных низкосортных видах топливах. Существующие на данный момент котлы на биотопливе обладают достаточно высоким реальным КПД, составляющим 91-92 %. Однако он может быть дополнительно увеличен за счет применения оригинальных решений для дожигания летучих газов в закрученном потоке и предотвращения уноса несгоревших частиц топлива из зоны топочной камеры, обеспечивающих минимизацию коэффициента избытка окислителя при полном выгорании топлива.

Зарубежные аналоги котла не могут быть использованы в КАЭМ, в том числе в связи с тем, что в конструкции биокотла должна быть обеспечена совместимость разработанной конструкции теплообменной системы и газового тракта котла без оказания первым негативного влияния на стабильность и контролируемость процесса горения топлива.

Вопросы создания когенерационных установок с двигателями Стирлинга рассматривались в ранее выполненных в России проектах. В проектах «Исследования и

разработка критических технологий применительно к двигателю Стирлинга в составе автономного когенерационного источника энергии на твердой растительной биомассе» (Регистрационный номер НИОКТР 01201373062) и «Создание двигателя с внешним подводом теплоты по циклу Стирлинга для многотопливного автономного источника тепловой и электрической энергии» (Регистрационный номер НИОКТР 01201052682) основной упор был сделан на разработку конструкций регенераторов, которые являются частью теплообменной системы, и не рассматриваются вопросы совершенствования процессов сжигания топлива, повышения удельной мощности двигателя Стирлинга и увеличения маневренных характеристик энергетической установки. Также не рассматривается возможность использования аддитивных установок для изготовления элементов теплообменной системы.

Разработка технологии автономного производства тепловой и электрической энергии на базе КАЭМ, основанных на совместном функционировании биотопливного котельного агрегата и двигателя Стирлинга, соответствует прогнозу научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года в области перспективных технологий эффективного использования энергетической биомассы, а также перспективных технологий аккумулирования тепловой энергии в области суточных накопителей.

8. Новизна и научно-технический уровень

В ходе выполнения будут получены результаты, способные к правовой охране.

Научная новизна результатов предлагаемого проекта состоит в разработке научно-технических решений, обеспечивающих возможность создания перспективных когенерационных модулей для производства тепловой и электрической энергии за счет использования местных энергетических ресурсов Арктической зоны в целях энергоснабжения индивидуальных и коллективных потребителей в условиях высокой неравномерности потребления и экстремально низких температур.

В целях достижения цели проекта будут разработаны ряд оригинальных технических решений для отдельных элементов перспективного модуля, способных к правовой охране:

1. Твердотопливный биокотел для индивидуального или коллективного энергоснабжения. Планируется разработать комплекс решений, позволяющих эффективно сжигать имеющиеся в Арктической зоне низкокалорийные энергетические ресурсы (низкосортный уголь и гранулированное биотопливо, произведенное из отходов лесопереработки). Высокая эффективность будет достигнута благодаря разработке оригинальных конструкций топочных камер и схем подвода окислителя и топлива. Суть нововведений состоит в организации ступенчатого сжигания твердого топлива в слое, предполагающего дожигание летучих компонент в закрученном потоке. Закрутка потока будет обеспечиваться особой схемой расположения сопел вторичного дутья и организацией внутри топки ускорения движения горячих газов. Показателем эффективности указанного решения является содержание монооксида углерода, содержащийся в уходящих газах. Средний уровень этого показателя котлом малой мощности достигает 1000-2000 ppm (согласно статье Buczyński R., Weber R., Szlęk A. Innovative design solutions for small-scale domestic boilers: Combustion improvements using a CFD-based mathematical model //Journal of the Energy Institute. – 2015. – Т. 88. – №. 1. – С. 53-63). Топка биокотла, которая будет разработана в рамках проекта обеспечит концентрацию СО на выходе из топочной камеры не более 500 ppm. Данный эффект будет достигнут без увеличения коэффициента избытка окислителя.

В целях борьбы с уносом – одной из ключевых проблем в котлах со слоевым сжиганием, будут исследованы и предложены решения, во-первых, частично предотвращающие отрыв крупных частиц несгоревшего топлива от основного слоя, во-вторых, создающие газовую завесу, предотвращающую выход частиц топлива из зоны активного горения, и, тем самым, минимизирующие химический и механический недожег при минимальных избытках окислителя. Предложенные решения пока не запатентованы и не реализованы ни в одном котельном агрегате, доступном на открытом рынке.

2. Двигатель Стирлинга с эффективной теплообменной системой. Установка в качестве источника теплоты для двигателя Стирлинга компактных эффективных теплообменных систем, созданных на базе капиллярной архитектуры, позволит решить две проблемы:

- повысить частоту работы двигателя и, соответственно, увеличить его удельную мощность, снизить габариты;
- увеличить эффективность выработки электроэнергии за счет снижения недогрева между горячим/холодным источником и рабочим телом. Данная проблема также будет решена путем подбора оптимальных рабочих тел, характеризующихся высокой теплопроводностью, теплоемкостью и низкой кинематической вязкостью.

Использование аддитивных установок при изготовлении компактных теплообменных устройств снимет многие технологические ограничения и позволит создать более сложную теплообменную систему с развитой поверхностью теплопередачи, не создающую существенного гидравлического сопротивления при истечении греющей среды (горячих газов). В частности, могут быть легко изготовлены и испытаны теплообменные аппараты с трубками, например, плавникового типа, позволяющие нивелировать негативное влияние отрыва потока в теневой зоне при поперечном омывании пучков труб. Кроме того, шероховатость поверхности деталей, изготовленных аддитивным способом, выше и при определенных значениях чисел Рейнольдса происходит увеличение теплового потока конвекцией (при значениях $1/d = 10-25$). Следовательно, применение аддитивных установок открывают большие перспективы с точки зрения создания теплообменных систем.

3. Пневматический аккумулятор электрической энергии. Эксплуатация пневматических аккумуляторов в Арктической зоне будет затруднена низкими температурами и, как следствие, возможным частым обледенением рабочего колеса компрессора и турбины. Для решения данной проблемы будет разработана оригинальная антиобледенительная система, обеспечивающая подогрев холодного воздуха уходящими газами из биокотла путем подачи их во входной конфузор компрессора. Также планируется разработка воздушного регулирующего клапана, осуществляющего поддержание расхода воздуха на турбину, имеющего минимальное аэродинамическое сопротивление на всех степенях открытия (потери давления при степени открытия 0,5 не более 3%). Снижение сопротивления будет обеспечено специальным профилированием конфузорно-диффузорного канала, через который истекает воздух.

Существующие когенерационные установки на базе двигателя Стирлинга ENEX S (приняты в качестве аналога), реализуемые в России компанией «БПЦ Инжиниринг» обладают электрической мощностью 3,5 кВт, тепловой 15 кВт и электрическим КПД равным 25%, в качестве топлива используют природный газ среднего давления. Установка не оборудована тепловым или электрическим аккумулятором. В рамках выполнения проекта будут достигнуты следующие характеристики перспективной установки и её отдельных компонентов: тепловая мощность не менее 12 кВт (с возможностью суточного регулирования от 6-18 кВт); электрическая мощность не менее 4 кВт (с возможностью суточного регулирования от 1-7 кВт); выбросы CO не более 500 ppm; КПД котельного агрегата: не менее 93 %, КПД по выработке электрической энергии: не менее 26 %. Удельная мощность двигателя Стирлинга будет на 14% выше, чем у аналога. Повышение характеристик двигателя обеспечит разрабатываемой технологии конкурентные преимущества перед аналогами.

При разработке технологии будут применены следующие методы:

1. Определение конструктивного облика элементов когенерационного энергетического модуля будет выполняться путем моделирования различных вариантов тепловых схем, имитационного моделирования функционирования оборудования в децентрализованных энергосистемах с различной структурой потребления энергии. В результате будут определены оптимальные параметры и структура тепловой схемы модуля и сформулированы дополнительные технические требования к каждому из узлов установки, выполнение которых обеспечит успешную эксплуатацию КАЭМ в арктических условиях.

2. Разработка технических решений по увеличению удельной мощности двигателя Стирлинга будут включать в себя с одной стороны выбор наилучшего рабочего тела и оптимальных термодинамических параметров (температуры и давления в каждой фазе

работы двигателя). Данная часть работ будет реализована путем выполнения теоретических исследований с использованием методов термодинамического анализа: эксергетический метод, метод тепловых и материальных балансов. С другой стороны, будут разработаны конструкции теплообменных аппаратов со сложной системой капиллярных каналов и регенератора, обеспечивающих нагрев рабочего тела до заданных значений при высоких частотах работы двигателя. Для достижения высокого качества и достоверности результатов будут применены как методы численного моделирования процессов тепломассопереноса (рабочего тела внутри «мертвого» объема двигателя и его рабочих полостей) и физические эксперименты, в рамках которых будут моделироваться различные условия подвода теплоты при различных режимах функционирования двигателя, что позволит определить реальную эффективность новых теплообменных систем и фактическое приращение электрической мощности. Разработка конструкции эффективного топочного устройства, схем подвода топлива и окислителя, будет базироваться на проведении теоретических исследований (инженерные методы анализа, математическое моделирование в программных пакетах Ansys CFX и Fluent) и физических экспериментов с активным применением высокочувствительных датчиков давления ICP, высокоточных температурных датчиков, телевизионной камеры и газоанализаторов, позволяющих определить концентрацию монооксида и диоксида углерода, кислорода, оксидов азота, водяного пара.

Патентоспособность будущего продукта подтверждается тем, что его техническая сущность является новой и неизвестной ранее, промышленная применимость очевидна. Результаты проекта помимо использования их для создания автономной когенерационной установки могут быть применены для разработки и практического внедрения отдельных его элементов: твердотопливный биокотел для индивидуального или коллективного энергоснабжения; двигатель Стирлинга с эффективной теплообменной системой, обеспечивающей возможность его применения в транспортных средствах различного назначения (автотехника, водный транспорт); компактные эффективные теплообменные системы созданные на базе капиллярной архитектуры, имеющие широкую сферу применения – системы утилизации теплоты в энергетических и промышленных агрегатах, в частности микротурбинных установках, системах теплоснабжения и транспортных средствах; нехимические аккумуляторы тепловой и электрической энергии, характеризующиеся высокой эффективностью, ресурсом и минимальными эксплуатационными издержками.

9. Ожидаемые результаты

В рамках выполнения проекта планируется достижение следующих результатов:

1. Будут разработаны (не менее трех) математические модели тепловых схем когенерационного энергетического модуля, обеспечивающие возможность глубокого регулирования тепловой и электрической нагрузки независимо друг от друга: суточное регулирование тепловой нагрузки в пределах от 6 до 18 кВт, электрической – от 1 до 7 кВт. Результаты исследований будут представлены в научных отчетах в виде математических моделей и алгоритмов расчета и научных статьях.

2. Будут разработаны технические решения по повышению удельной мощности двигателя Стирлинга не менее чем на 14% (по сравнению с аналогом ENEX S – 19,14 кг/кВт) за счет выбора оптимального рабочего тела и повышенной частоты работы двигателя, обеспеченной эффективным подводом и отводом теплоты от рабочего тела. При этом будет обеспечено повышение КПД по выработке электрической энергии до 26%. Результаты будут представлены в научных отчетах в виде совокупности результатов теоретических исследований, численных и физических экспериментов. Планируется разработка тепловой модели двигателя Стирлинга. Будет разработана ЭКД на экспериментальный стенд для исследования термодинамических процессов в рабочих полостях двигателя Стирлинга и ЭКД на экспериментальный образец двигателя Стирлинга.

3. Будет разработана конструкция (прототип) эффективной теплообменной системы, базирующейся на капиллярной архитектуре, обеспечивающей нагрев рабочего тела двигателя Стирлинга до заданных значений (600-700°C) при повышении частоты работы двигателя не менее чем до 2000 об/мин. Будут разработаны эскизная конструкторская документация на

экспериментальный образец теплообменной системы и экспериментальный стенд для проверки эффективности разработанной конструкции. Результаты разработок будут представлены в научных отчетах и статьях. Будет подана патентная заявка на изобретение «Теплообменная система на базе капиллярной архитектуры».

4. Будут разработаны технические решения, обеспечивающие возможность создания эффективного пневматического аккумулятора с оригинальной антиобледенительной системой для функционирования в составе КАЭМ в арктических условиях. В составе аккумулятора будут разработаны конструктивные решения, обеспечивающие повышение аэродинамической эффективности компрессора и турбины (на 5% по сравнению с существующими аналогами), снижение аэродинамического сопротивления регулирующего клапана до 3 % (при степени открытия 0,5). Результаты будут представлены в научных отчетах, статьях, ЭКД на экспериментальный образец пневматического аккумулятора электрической энергии и ЭКД на экспериментальный стенд. А также будет подана патентная заявка на полезную модель: «Антиобледенительная система для пневматических аккумуляторов электрической энергии, работающих в климатических условиях Арктической зоны».

5. Будет разработана новая конструкция эффективного топочного устройства для преобразования химически связанной энергии биотоплива в тепловую энергию путем двухступенчатого сжигания твердого топлива, предполагающая дожигание летучих компонентов в закрученном потоке. Будут предложены и апробированы на экспериментальном стенде технические решения для борьбы с уносом твердых частиц топлива из зоны активного горения. Совокупность решений обеспечит полноту сжигания топлива (уровень выбросов СО не более 500 ppm) и высокий КПД по выработке тепловой энергии 93 %. Результаты будут представлены в научных отчетах, статьях, ЭКД на экспериментальный образец топочной камеры биокотла и ЭКД на экспериментальный стенд для верификации результатов теоретических исследований. А также будет подана патентная заявка на полезную модель: «Конструкция топочной камеры для сжигания летучих газов в закрученном потоке».

В целом полученные результаты позволят создать технологию когенерационной выработки энергии на базе автономного энергетического модуля малой мощности, пригодного для транспортировки в удаленные регионы и способного работать на местных низкокалорийных энергетических ресурсах в экстремальных условиях Арктической зоны РФ.

10. Технические требования на выполнение НИОКТР

по теме «Разработка технологий автономного производства тепловой и электрической энергии за счет использования местных низкокалорийных энергетических ресурсов Арктической зоны России для энергоснабжения индивидуальных и коллективных потребителей в условиях децентрализованных энергосистем»

1. Требования по назначению научно-технических результатов ПНИ

Разработанная в рамках настоящего проекта технология автономного производства тепловой и электрической энергии за счет использования местных энергетических ресурсов Арктической зоны для энергоснабжения индивидуальных и коллективных потребителей в условиях распределенных энергосистем, должны стать основой для создания установок тепло- и электроснабжения, которые могут найти применение в населенных пунктах, входящих в Арктическую зону Российской Федерации, в которых отсутствует централизованное энергоснабжение.

Технические решения, разработанные в рамках проекта, должны обеспечивать возможность создания когенерационного энергетического модуля с характеристиками:

- тепловая мощность: не менее 12 кВт (с возможностью суточного регулирования от 6-18 кВт);
- электрическая мощность не менее 4 кВт (с возможностью суточного регулирования от 1-7 кВт);
- выбросы СО не более 500 ppm;
- КПД котельного агрегата: не менее 93 %;
- КПД по выработке электрической энергии: не менее 26 %;
- удельная мощность двигателя Стирлинга должна быть на 14% выше, чем у аналога – 16,5 кг/кВт (без учета охладителя).

2. Требования к показателям и техническим характеристикам научно-технических результатов ПНИЭР:

2.1. Требования к экспериментальным образцам и стендам:

2.1.1. Требования к экспериментальному образцу двигателя Стирлинга с эффективной теплообменной системой, базирующейся на капиллярной архитектуре

- экспериментальный образец должен обеспечивать возможность проведения экспериментальных исследований процессов теплообмена для различных рабочих тел в двигателе Стирлинга;
- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность регистрации выходной мощности, частоты тока и количества подведенной/отведенной теплоты;
- электрическая мощность экспериментального образца должна быть не менее 1 кВт;
- экспериментальный образец должен обеспечивать возможность легкой замены теплообменной системы, рабочего газа и рабочего давления (в пределах до 40 атм).
- экспериментальный образец должен соответствовать требованиям техники безопасности.

2.1.2. Требования к экспериментальному образцу пневматического аккумулятора:

- экспериментальный образец должен обеспечивать возможность проведения испытаний при максимальном давлении 40 атм.;
- экспериментальный образец должен быть совместим с экспериментальным стендом для исследования рабочих характеристик пневматического аккумулятора;
- экспериментальный образец должен обеспечивать возможность выработки электроэнергии в течение не менее 15 часов;
- экспериментальный стенд должен состоять из устройства нагнетания давления, бака-ресивера, холодильного устройства, турбинной установки, антиобледенительной системы, генератора электроэнергии, а также запорно-регулирующей арматуры;
- экспериментальный образец должен быть функционален при температуре воздуха до -60°C ;
- экспериментальный образец должен соответствовать требованиям техники безопасности.

2.1.3. Требования к экспериментальному образцу теплообменной системы:

- экспериментальный образец должен состоять из теплообменного аппарата «уходящие газы/рабочее тело» и соединительных труб;
- экспериментальный образец должен быть изготовлен из сплава, способного в течение 500 часов при температуре до 700°C и давлении до 40 атм. обеспечивать целостность конструкции;
- экспериментальный образец должен предусматривать возможность установки термодатчиков, датчиков давления и расходомера;
- экспериментальный образец должен обеспечивать нагрев рабочего тела двигателя Стирлинга до 700°C при частоте работы 2000 об/мин;
- экспериментальный образец должен соответствовать требованиям техники безопасности.

2.1.4. Требования к экспериментальному образцу топочной камеры биокотла с сжиганием летучих веществ в закрученном потоке:

- экспериментальный образец должен быть оборудован тепловой изоляцией, обеспечивающей температуру поверхности корпуса топочного устройства не более 30°C ;
- экспериментальный образец должен обеспечивать возможность измерения концентрации монооксида углерода, кислорода и оксида азота на выходе из топочного устройства, температуру газов на выходе из газового тракта;
- экспериментальный образец должен быть оборудован смотровым окном, обеспечивающим возможность проведения высокоскоростной съемки процесса горения;
- экспериментальный образец должен предусматривать возможность изменения подачи воздуха в зону горения в целях моделирования режимов работы котла от 30 до 100%;
- экспериментальный образец должен обеспечивать возможность сжигания биотоплив разного состава;
- экспериментальный образец должен обеспечивать возможность установки экспериментального образца теплообменной системы и их совместной работы;

- концентрация СО на выходе из топочной камеры не должна превышать 500 ppm.
- система по предотвращению уноса несгоревших частиц топлива из топочной камеры должна задерживать до 70% частиц (по массе);
- экспериментальный образец должен предусматривать возможность изменения схемы подачи воздуха, толщины топливного слоя и соотношения расхода окислителя между ступенями;
- экспериментальный образец должен соответствовать требованиям техники безопасности.

2.1.5. Требования к экспериментальному стенду для исследования рабочих характеристик двигателя Стирлинга:

- экспериментальный стенд должен быть оборудован измерительной аппаратурой, позволяющей проводить измерения давления и температуры рабочего тела в каждой фазе цикла работы двигателя;
- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность легкой замены состава рабочего тела;
- экспериментальный стенд должен иметь возможность подключения дополнительных измерительных приборов;
- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность регистрации выходной мощности, количества подведенной/отведенной теплоты и частоты генерируемого тока;
- экспериментальный стенд должен отвечать требованиям техники безопасности.

2.1.6. Требования к экспериментальному стенду для исследования эффективности подвода теплоты к двигателю Стирлинга с помощью новых теплообменных систем:

- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность определения количества теплоты, воспринятой в теплообменном аппарате «уходящие газы/рабочее тело»;
- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность легкой замены экспериментального образца теплообменной системы;
- стенд должен отвечать требованиям техники безопасности;
- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность проведения экспериментальных исследований теплообменной системы, изготовленной в масштабе 1:1;
- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность осуществлять тепловизионную съемку поверхностей нагрева теплообменного аппарата;
- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность определения гидравлического сопротивления теплообменной системы;
- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность регулирования температуры подвода теплоты. Максимальная температура подвода теплоты не должна быть ниже 700 °С.

2.1.7. Требования к экспериментальному стенду для исследования рабочих характеристик пневматического аккумулятора:

- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность регистрации значений силы, напряжения и частоты вырабатываемого тока.
- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность охлаждения, рабочего воздуха до -60 °С;
- экспериментальный стенд должен предусматривать возможность измерения давления и температуры в баке-ресивере, в выходном канале регулирующей арматуры, на выходе воздушной турбины и в нескольких точках входного патрубка компрессора при включенной антиобледенительной системе;
- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность изменения давления в баке-ресивере и расхода воздуха на турбину;
- стенд должен обеспечивать возможность измерения толщины корки льда, образующейся на поверхности рабочих колес турбины и компрессора.
- стенд должен обеспечивать возможность регулирования температуры воздуха внутри бака-ресивера;
- экспериментальный стенд должен отвечать требованиям техники безопасности.

2.1.8. Требования к экспериментальному стенду для исследования топочных процессов при стадийном контролируемом сжигании топлива и низкосортного угля:

- экспериментальный стенд должен состоять из топочной камеры, колосниковой решетки, системы подачи первичного и вторичного окислителя, запорно-регулирующей арматуры, вентилятора, циклона (для золоулавливания), охладителя горячих газов, а также средств измерения.
- системы подачи первичного и вторичного окислителя должна обеспечивать возможность регулирования коэффициента избытка окислителя в диапазоне от 0,2 до 1,5;
- экспериментальный стенд должен предусматривать возможность изменения геометрии топочного пространства;
- экспериментальный стенд должен предусматривать возможность изменения угла подачи вторичного дутья в двух осях;
- экспериментальный стенд должен иметь возможность определения компонентного состава газов;
- экспериментальный стенд должен обеспечивать возможность изменения плоских температурных полей на 3-х отметках по высоте топки;
- экспериментальный образец должен обеспечивать возможность измерения отпускаемой тепловой энергии;
- экспериментальный стенд должен включать в себя систему золоулавливания, позволяющую определить массу уноса;
- экспериментальный стенд должен предусматривать возможность установки дополнительных измерительных средств;
- экспериментальный стенд должен отвечать требованиям техники безопасности.

Шаблон дополнительного слайда (ов) к альбому ПНИ «Энергетика»

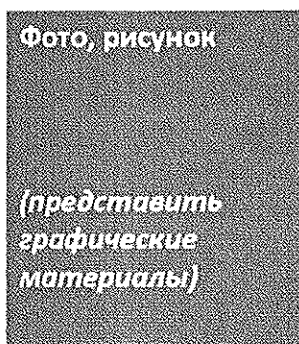


Приложение 5. Шаблон для заполнения дополнительного слайда по проекту, представленному в альбоме ПНИ «Энергетика 2019/24», на основе промежуточных результатов выполнения ВКР

<Название проекта (как на 1-м слайде ПНИ «Энергетика»)>

Уровень готовности разработки - дать краткое описание, сравнить текущий уровень готовности с представленным на первом слайде ПНИ «Энергетика» результатом

Задачи, поставленные для достижения конечного результата, представленного на первом слайде ПНИ «Энергетика» - дать описание задач, которые решены, - например, «определены технические требования к объекту», «построена 3D – модель/имитационная модель», а также задач, которые еще предстоит решить для достижения конечного результата



Сравнение с аналогами - указать, в чем состоит преимущество данной разработки либо применяемых для ее изготовления решений по сравнению с существующими аналогами; либо отметить, что аналогов не существует

Необходимость привлечения партнеров для завершения разработки - указать, требуются ли партнеры для завершения разработки; отметить, какие именно – завод-изготовитель, разработчик ПО, другие (указать какие)

Состав оргкомитета второй научно-технической конференции студентов
«Энергетика. Технологии будущего»

№ п/п	ФИО	Должность
1.	Рогалев Николай Дмитриевич	д.т.н., ректор – Председатель оргкомитета
2.	Драгунов Виктор Карпович	д.т.н., проректор по научной работе – заместитель Председателя оргкомитета
3.	Комаров Иван Игоревич	к.т.н., директор ЦИР – заместитель Председателя оргкомитета, ответственный за проведение конференции
4.	Кролин Александр Александрович	к.э.н., начальник ОКИПП ЦИР – ответственный секретарь
5.	Аникеев Александр Викторович	к.т.н., и.о. заведующего кафедрой АЭС
6.	Волков Александр Викторович	д.т.н., заведующий кафедрой ГТМ
7.	Маленков Алексей Сергеевич	к.т.н., начальник ОИРР ЦИР
8.	Насыров Ринат Ришатович.	к.т.н., доцент кафедры ЭЭС
9.	Орлов Константин Александрович	к.т.н., заведующий кафедрой ТОТ им. М.П. Вукаловича
10.	Рыженков Артем Вячеславович	д.т.н., директор НИО НЦ «Износостойкость»
11.	Тульский Владимир Николаевич	к.т.н., директор ИЭЭ
12.	Тягунов Михаил Георгиевич	д.т.н., профессор кафедры ГВИЭ

к приказу № 459 от «26» июле 2019 г.

Структура второй научно-технической конференции студентов

«Энергетика. Технологии будущего»

Название секции	Руководитель секции	Состав жюри секции
Секция 1. Большая энергетика. Газовая и угольная генерация	Комаров И.И., к.т.н.	д.т.н., зав. каф. ИТНО Соколов В.П., к.т.н., доц. Плешанов К.А., к.т.н., доц. Ильин Е.Т.
Секция 2. Атомная энергетика	Аникеев А.В., к.т.н., доц.	д.ф-м.н., проф. Будаев В.П., д.т.н., проф. Зарянкин А.Е., к.т.н., в.н.с. Качалин Г.В.
Секция 3. ВИЭ	Тягунов М.Г., д.т.н., проф.	д.т.н., зав. каф. ГТМ Волков А.В., к.т.н., доц. Орахелашвили Б.М., к.э.н., начальник ОКИПП Кролин А.А.
Секция 4. Распределенная генерация	Орлов К.А., к.т.н., доц.	д.т.н., зав. каф. ХиЭЭ Кулешов Н.В., к.т.н., начальник УО Митрохова О.М., к.т.н., директор ЦИР Комаров И.И.
Секция 5. Передача электрической энергии	Тульский В.Н., к.т.н., доц.	д.т.н., проф. Боев М.А., к.т.н., директор центра НТИ ТТЭиРИЭ Волошин А.А., к.т.н., доц. Киселев М.Г.
Секция 6. Конечное потребление энергии	Рыженков А.В., д.т.н.	д.т.н., проф. Султангузин И.А., к.т.н., зав. каф. ПТС Яворовский Ю.В., к.т.н., начальник ОИРР Маленков А.С.
Секция 7. Аккумулирование энергии	Волков А.В., д.т.н., доц.	д.т.н., проф. Султангузин И.А., к.т.н., доц. Пуцылов И.А., к.т.н., доц. Позняк Е.В.
Секция 8. Цифровизация электроэнергетики	Насыров Р.Р., к.т.н., доц.	к.т.н., директор программы развития Белоусов С.В., к.т.н., директор центра НТИ ТТЭиРИЭ Волошин А.А., к.т.н., доц. Арцишевский Я.Л.
Секция 9. Технологии индустрии 4.0	Комаров И.И., к.т.н.	д.т.н., директор НИО НЦ «Износостойкость» Рыженков А.В., д.т.н., проф. Шевченко И.В., к.т.н., зав. лаб. Осипов С.К.