

ОТЧЕТ за 2019-2023 гг.

1. *Наименование Научной школы:* **Школа теплоэнергетики**

2. *ФИО руководителя(ей):* Рыжков Александр Филиппович, Мунц Владимир Александрович

3. *Количество и список членов научной школы, работающих в настоящее время в УРФУ:*

1. Рыжков А.Ф. – д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией
2. Мунц В.А. – д-р техн. наук, профессор
3. Богатова Т.Ф. – канд. техн. наук, зав. каф.
4. Дубинин А.М. – д-р техн. наук, профессор
5. Тупоногов В.Г. – д-р техн. наук, профессор
6. Королев В.Н. – д-р техн. наук, профессор
7. Толмачев Е.М. – д-р техн. наук, профессор
8. Плотников Л.В. – д-р техн. наук, профессор
9. Микула В.А. – канд. техн. наук, доцент
10. Кисельников А.Ю. – канд. техн. наук, доцент
11. Абаимов Н.А. – канд. техн. наук, доцент
12. Никитин А.Д. – канд. техн. наук, доцент
13. Никитина Г.И. – канд. техн. наук, доцент
14. Островская А.В. – канд. техн. наук, доцент
15. Павлюк Е.Ю. – канд. техн. наук, доцент
16. Нейская С.А. – канд. техн. наук, доцент
17. Зеленкова Ю.О. – канд. техн. наук, доцент
18. Черепанова Е.В. – канд. техн. наук, доцент
19. Осипов П.В. – старший преподаватель
20. Масленников Г.Е. – ассистент
21. Щербинин К.А. – зав. Учебной лабораторией
22. Кувалдин А.Е. – ассистент, аспирант
23. Каграманов Ю.А. – инженер-исследователь
24. Ершов М.И. – инженер-исследователь, аспирант
25. Суворин И.Д. – лаборант-исследователь, аспирант
26. Ханин Н.С. – лаборант-исследователь, аспирант
27. Мусихин А.Е. – лаборант-исследователь, студент
28. Давыдов Д.А. – лаборант-исследователь, студент
29. Красильников Д.Н. – лаборант-исследователь, студент

4. *Результаты деятельности за 2019-2023 гг.*

Научным коллективом разработаны оригинальные газогенераторные установки и другие элементы технологической схемы угольных парогазовых установок (ПГУ). Предложены новые способы энергетического использования твердых топлив, в том числе низкокалорийных и низкосортных местных топливных ресурсов для циклов высокоэкономичных ПГУ большой мощности. Определены удельные показатели ПГУ, работающих на продуктах окисления алюминия и бора.

Рассмотрены технологические подходы к снижению эмиссии углекислого газа при производстве энергии. Проведен анализ топливных энергоустановок по наиболее чувствительным для технологий улавливания и утилизации техногенного диоксида

углерода (carbon capture, utilization and storage) параметрам – давлению, чистоте и количеству генерируемого углекислого газа. На основании разработанного метода скрининг-анализа в рамках системы оценки жизненного цикла Life Cycle Analysis рассмотрены интегральные характеристики основных технологий утилизации выбросов углерода от энергетических производств в зависимости от уровня технологической зрелости и рыночной привлекательности. Выделены перспективные для российского промышленно-энергетического комплекса группы геологической утилизации, минерализации, карбонизации и биоутилизации.

В области большой энергетики (I) предложен и всесторонне изучен гибридный принцип теплоэлектрогенерации в парогазовых установках с внутрицикловой воздушной и паровоздушной газификацией и горячей/тёплой/холодной сероочисткой (II) сформулирован и рассмотрен новый принцип экологизации теплоэлектрогенерации на ископаемом топливе. В области малой энергетики разработана технология многоступенчатой газификации биомассы. Особенностью данной технологии является получение бессмольного газа. Проведен НИОКР по паровой активации древесного угля и запуск опытного участка. При получении результатов задействованы программные комплексы собственной разработки (в том числе защищённые патентами), уникальные экспериментальные стенды и опытно-промышленные установки. Для изучения исследуемых процессов разработаны уникальные CFD-модели в программных продуктах Ansys engineering simulation и Comsol Multiphysics. Одним из важных результатов такого моделирования является то, что за счет управления потоками тепла и массы в разных частях агрегатов можно достигнуть высоких показателей эффективности воздушной конверсии угля, который будет превосходить уровень эффективности кислородного процесса технологий Shell и Prenflo на 3-5%. Также разработаны кинетико-термодинамические модели процессов и ректоров конверсии, которые позволяют исключить неопределенности, свойственные детальным диффузионно-кинетическим моделям.

Сформировано новое перспективное научное направление, развиваемое в УрФУ под руководством привлечённого российского ученого мирового уровня по направлению рациональное природопользование, технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе. Решаемая научная проблема – разработка научных основ и технологии высокопроизводительного процесса получения биосинтезгаза с целью снижения углеродного следа и повышения эксплуатационных характеристик получаемых из него синтетических жидких топлив для энергетики и транспорта. Данное научное направление соответствует приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации и перечню поручений Президента РФ по вопросам развития лесопромышленного комплекса Пр-562 от 10.02.2023.

Исследования опираются на глубокие традиции, большой опыт и перспективные разработки по новейшим направлениям конверсии твердых топлив в высококонцентрированных газодисперсиях типа кипящих, фонтанирующих, виброкипящих и циркулирующих слоев, у истоков которых стояли основатели Школы проф., д.т.н. Сыромятников Н.И. и проф., д.т.н. Баскаков А.П.

Под патронажем Школы вновь создана Лаборатория новых энергетических технологий; трудоустроены в лабораторию высококвалифицированные специалисты (1 - академик РАН, 3 - д.т.н, 3 - к.т.н.) и 7 молодых исследователей из числа аспирантов и

студентов, сформирован научный коллектив и налажено тесное взаимодействие с промышленным партнером.

Получены новые научные данные: по конверсии биомассы при различных условиях; по специфике гидродинамики газодисперсного потока при раздельной подаче твердого материала и газового агента во вновь созданной холодной модели с варьируемыми конструктивными параметрами; по режимам газодисперсных систем в сценариях кризисных переходов от концентрированного к разреженному состоянию, по устойчивости дисперсной фазы в разреженном газодисперсном потоке, данные о структуре течения, степени турбулентности, частотных характеристиках, масштабе развития разрывных релаксационных флуктуаций дисперсной фазы и давления, провоцирующего кризисные явления, негативно отражающихся на устойчивости термохимического процесса и работоспособности конструкции. Проведены экспериментальные исследования при варьировании параметров режима газификации биомассы. Получен биосинтезгаз энергетического назначения из опила по вновь разрабатываемой технологии. Выполнена расчетная оптимизация перевода ДВС на непроектное топливо - биосинтезгаз. Проведены нагрузочные испытания работы комплекса с выработкой электроэнергии в составе лабораторной установки получения биосинтезгаза и ДВС. Получены первичные данные, необходимые для физического и математического моделирования гидродинамических и тепломассообменных процессов в разрабатываемой технологии. Доказана работоспособность заложенных технологических решений при обеспечении их высокой эффективности и гибкости. Это обеспечило возможность масштабного перехода к разработке опытно-промышленного комплекса газогенератор – ДВС с десятикратным увеличением мощности по исходному сырью, испытания которого запланированы в 2024 и 2025 гг.

В области водородной энергетики совместно с кафедрой Атомных станций и возобновляемых источников энергии исследовано получение метана и водорода из твердых бытовых отходов и биотоплив, использование алюмоводородного реактора для получения водорода в энергоустановках с твердооксидными топливными элементами. Разработаны технологические схемы конверторов с псевдооживленным слоем для получения водорода из метана и синтезгаза из Бородинского угля. Выполнены экологические расчетные исследования равновесной эмиссии окислов азота карбюраторными и дизельными двигателями внутреннего сгорания.

Актуализирована тематика магистерских и аспирантских исследовательских работ и диссертаций на ряде кафедр УралЭНИН (Тепловых электрических станций, Теплоэнергетика и Теплотехника, Турбины и двигатели).

Повышена публикационная активность ППС и молодых ученых в части высокорейтинговых статей и докладов на конференциях различного уровня.

Работа коллектива Школы протекает в тесной коллаборации с другими коллективами УралЭНИН (кафедра ТиД, АСиВИЭ), Сибирским филиалом АН РНФ (Институт теплофизики СО РАН), Монгольским университетом науки и технологии, Восточно-Китайским Университетом Науки и Технологии, свидетельством чего служат совместные публикации в высокорейтинговых журналах, гранты, заявки.

Закуплено и отработано оборудование, позволяющее получать новый научный результат, получено от промышленного партнера уникальное оборудование, необходимое для проведения исследовательских работ.

Учебных пособий – 5.

Монографий – 1.

4.1. *Количество статей в журналах ВАК:* 34

4.2. *Количество статей в WoS/Scopus:* 96

4.3. *Количество проведенных научных конференций/мероприятий:* 6

4.4. *Количество и объем выигранных научных грантов (тип, название, руководитель):* 8 грантов на сумму 27 340 000 руб.

4.5. *Количество защит кандидатских и докторских диссертации членами коллектива:*

- Абаимов Николай Анатольевич, кандидатская диссертация «Интенсификация термохимических процессов поточной воздушной газификации угля применительно к энергетике», дата защиты – 07 июня 2019 г. (рук. А.Ф. Рыжков)
- Шолохова Светлана Анатольевна, кандидатская диссертация «Кинетика окисления сульфидного цинкового концентрата применительно к обжиговым печам кипящего слоя», дата защиты – 09 октября 2020 г. (рук. В.А. Мунц)
- Берг Иван Александрович, кандидатская диссертация «Исследование методов трансформации и анализа ИК-тепловизионной видеоинформации о факельном горении газообразного топлива», дата защиты – 16 июня 2020 г. (рук. С.В. Поршневу)
- Филиппов Прокопий Степанович, кандидатская диссертация «Влияние способов управления теплофизическими параметрами рабочего тела на энергетические показатели газотурбинного цикла ПГУ на искусственном газовом топливе», дата защиты – 05 марта 2021 г. (рук. А.Ф. Рыжков)
- Плотников Леонид Валерьевич, докторская диссертация «Газодинамика и теплообмен пульсирующих потоков в системах газообмена устройств периодического действия», дата защиты – 30 апреля 2021 г. (конс. Б.П. Жилкин)
- Никитин Александр Дмитриевич, кандидатская диссертация «Влияние водяного пара на физико-химические процессы в парогазовой установке с внутрицикловой газификацией твердого топлива», дата защиты – 04 июня 2021 г. (рук. А.Ф. Рыжков)