

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе ФГБОУ

ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», профессор, д.т.н.

Драгунов В.К.



2018 года

О Т З Ы В

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» на диссертационную работу **Налетова Владислава Алексеевича** «Разработка multifunctional технологических систем переработки природных энергоносителей на основе их оптимальной организации», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям: 05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ и 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий.

Актуальность избранной темы.

Диссертационная работа Налетова В.А. посвящена разработке multifunctional технологических систем переработки природных энергоносителей, в которых одновременно могут решаться несколько задач, отражающих наиболее актуальные проблемы современной энергетики и экологии, такие как: энергосбережение, повышение термодинамической эффективности, улавливание и захоронение диоксида углерода. В энергетике к multifunctional системам относятся, в частности, все установки ко- и полигенерации.

Актуальность диссертационного исследования подтверждается его соответствием тематике проектов, выполненных в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России за 2007-2014 годы», в частности: «Проведение проблемно-ориентированных поисковых исследований в области разработки высокоэффективных экологически чистых энергоблоков нового поколения» по теме: «Создание нового энергосберегающего энергетического блока для утилизации теплоты дымовых газов с высоким термодинамическим КПД без

выбросов диоксида углерода на основе совмещения цикла Ренкина и холодильного цикла» (шифр «2011-1.6-516-023») и «Исследование возможности конверсии парниковых газов в полезные товарные продукты» по теме: «Исследование возможности получения товарного диоксида углерода из дымовых газов в энергоблоке тригенерации нового поколения» (шифр 2013-1.5-14-515-0043).

Кроме того, работа выполнена при финансовой поддержке Министерством образования и науки РФ исследований по газовым методам повышения нефтеотдачи месторождений в рамках выполнения проекта №14.583.21.0064 (уникальный идентификатор проекта RFMEF158317X0064).

Таким образом, актуальность диссертационной работы Налетова Владислава Алексеевича не вызывает сомнений.

Научная новизна диссертационной работы.

1. Разработан оригинальный научный подход к оптимальной организации многофункциональных ХТС, в рамках которого представлены:

- решение общей задачи дифференциации функций системы между элементами и подсистемами на основе информационной модели исходов;
- условия оптимальной организации многоцелевых процессов при разделении потока сырья в аппарате на потоки продуктов, заключающиеся в равенстве факторов затрат (статистических весов) по потокам продуктов, которые корреспондируются с термодинамическими подходами;
- методы распределения затрат на организацию между потоками многопоточных процессов на примере теплообмена: «уравнительный», основанный на равенстве стоимостей единиц информации по потокам, и «выделения», основанный на перенесении всех затрат на целевой (по постулатам) поток;
- стратегия и алгоритм оптимальной организации ХТС с заданным типом и множеством элементов на основе декомпозиции задачи по иерархическим уровням по принципу от системы к процессу или «сверху-вниз»;
- стратегия и алгоритмы проектирования (синтеза) мультифункциональных систем в условиях неопределенности их элементной и топологической структур с применением критериев усложнения, минимизация которых приводит к оптимальному решению;

2. С применением математической модели $k-\varepsilon$ турбулентности обоснован способ интенсификации процесса путем применения новых конструктивных решений по элементам кирпичной кладки отопительных простенков печей с турбулизаторами.

3. Предложен способ снижения градиента температур по высоте простенков печных камер для равномерности прогрева коксового пирога путем применения кратностей рециркуляции потоков в отопительных каналах, превышающих применяемые на практике значения.
4. Доказана целесообразность варианта интеграции процесса пылеугольной газификации с двумя высокотемпературными ступенями конверсии синтез-газа в производстве метанола и высших спиртов.
5. Разработана квазистационарная математическая модель процесса низкотемпературной десублимации диоксида углерода из очищенных дымовых газов, адекватно описывающая данный процесс в аппаратах трубчатого типа, позволяющая прогнозировать характеристики процесса.
6. Разработан новый способ тригенерации для глубокой рекуперации теплоты очищенных дымовых газов с выработкой электроэнергии, холода и товарного CO_2 для широкого круга объектов электроэнергетики, металлургии, химии, нефтехимии, коксохимии и ряда других, защищенный патентом РФ.

Практическая значимость диссертационной работы.

Практическая значимость работы заключается в:

1. Разработке рекомендаций по конструктивным характеристикам элементов кирпичной кладки отопительных простенков печей, позволяющих повысить коэффициент теплоотдачи конвекцией в 1,7 раза для интенсификации процесса коксования и сокращения расхода коксового газа на процесс.
2. Разработке multifunctionальной отопительной системы для горизонтальных печных камер с нижним подводом теплоносителя, позволяющей обеспечить равномерный прогрев коксового пирога, получить дополнительно до 3 МВт мощности на батарею и снизить концентрацию термических оксидов азота в выхлопных газах с 88,2 до 0,63 мг/м³.
3. Разработке технологической системы газификации бурого угля и конверсии в схеме получения метанола и высших спиртов, которая обеспечивает повышение эксплуатационных характеристик по сравнению с существующими технологическими аналогами.
4. Разработке multifunctionального технического решения установки на попутном нефтяном газе для обеспечения месторождений арктического шельфа электроэнергией, теплотой и диоксидом углерода для целей повышения нефтеотдачи, превосходящего по эффективности зарубежный аналог multifunctionальной установки *VENZ 4*.

5. Разработке программно-алгоритмического обеспечения оптимальной организации теплоэнергетических систем, а также технических предложений по оптимальной организации линейных компрессорных станций по транспортировке природного газа, созданию опытных образцов газотурбинных агрегатов и модернизации системы рекуператора с нагревательной печью для нефтеперерабатывающих заводов.
6. Разработке методики технической реализации процесса получения товарного диоксида углерода из дымовых газов производительностью до 160 тыс. тонн продукта в год в энергоблоке тригенерации для объектов электроэнергетики, металлургии, химии, нефтехимии, коксохимии и других, использующих ископаемые топлива, а также проект технического задания на процесс.
7. Разработке программных комплексов в составе: текст программы, описание программы, описание применения, руководство системного программиста, руководство оператора, выполненные в соответствии с требованиями стандарта (ГОСТ 19.401-78), по расчету цикла Ренкина и процесса низкотемпературной десублимации диоксида углерода, принятые Департаментом приоритетных направлений науки и технологий Минобрнауки России, защищенные свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.
8. Разработке инвестиционного проекта по процессу получения товарного диоксида углерода из дымовых газов производительностью до 160 тыс. тонн продукта в год, который превосходит по критерию удельного выброса CO₂ (кг CO₂/кВт) лучшие зарубежные аналоги и имеет небольшой срок окупаемости от 2 до 6 лет (в зависимости от вида продукции: твердый, жидкий CO₂), что подтверждает его перспективность.

Результаты диссертационного исследования приняты к реализации или реализованы следующими организациями: ООО УК «Мечел-Майнинг» (ПАО «Мечел»); ООО «НИИГазэкономика» (ПАО «Газпром»); ФГБОУ ВО НИУ «Российский университет нефти газа им. И.М. Губкина»; ООО «Бушевецкий завод» (г. Бологое); АО «Специальное конструкторское бюро «ТУРБИНА»» (г. Челябинск); ООО «Теплотехнический независимый институт» (г. Москва), Министерство образования и науки РФ (Департамент науки и технологий).

Публикации автора и выводы. По результатам исследований автором опубликовано 40 печатных работ, из которых 20 – в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 патента, 2 свидетельства на программы для ЭВМ. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. В выводах сформулированы все основные результаты исследований.

Достоверность представленных результатов не вызывает сомнений, так как в работе были использованы параллельные расчеты по авторским программам, защищенным свидетельствами на программы для ЭВМ, и с применением программного комплекса ChemCAD, которые показали хорошую сходимость. Кроме того, достоверность результатов обеспечивается экспериментальными исследованиями теплового двигателя на паре и воздухе, а также лабораторными исследованиями процесса низкотемпературной десублимации. Достоверность результатов работы подтверждается также использованием в работе объективных начал термодинамики: первого, второго и нулевого. Выводы, полученные в ходе экспериментальных и теоретических исследований, не противоречат сведениям научно-технических литературных источников. Результаты исследования докладывались на многочисленных конференциях и получили одобрение экспертного научного сообщества.

Полученные автором **результаты имеют несомненную значимость для науки.** Они могут быть использованы в Министерстве энергетики Российской Федерации; Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации; ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»; ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; ФГБОУ НИУ «Российский университет нефти и газа имени И.М. Губкина»; Институте нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН; Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН; ФГБОУ ВО «Московский государственный машиностроительный университет «МАМИ»; ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»; ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»; ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»; ПАО «Мечел»; ПАО «Газпром» и в других организациях, ставящих перед собой аналогичные задачи.

Замечания по диссертации:

1. В обосновании актуальности работы (раздел: Введение. Актуальность проблемы и постановка задачи исследования) целесообразно было бы сослаться не только на Международное Энергетическое Агентство, но и на государственные стратегии энергосбережения России.
2. В термодинамике есть термин энтропия. Непонятно, почему автор использует термин термодинамическая энтропия (раздел 2.3, стр.104)?

3. В диссертации целесообразно было бы привести аргументы взаимосвязи между организованностью мультифункциональных ХТС и их устойчивостью.
4. Использование турбулизаторов для интенсификации процесса теплообмена и применение компьютерных программ для расчета газодинамики не является чем-то новым. Следовало бы более четко определить, что нового в этой области исследования предлагает автор?
5. В процессе коксования для выравнивания температур по высоте печных камер применяются печи с рециркуляцией до 40%. Ваши предложения касаются применения принудительной рециркуляции с кратностями более 80% (раздел 3.1.3, стр.182–185), что требует не только переделки существующих печей, но и использования газодинамических устройств, что должно быть экономически обосновано.
6. Не ясно, чем обоснован выбор метода Хука-Дживса при оптимизации распределения давлений по ступеням компрессора холодильного цикла (раздел 4.1.2.1, стр. 311)?
7. Из работы не ясно, каким образом учитывались потери холода в криогенном цикле по улавливанию и выделению диоксида углерода (раздел 4.1.2.1)?
8. Как представляется, емкость рынка углекислоты ограничена. В этой связи не ясно, каким образом выбиралась производительность процесса получения твердого диоксида углерода из очищенных дымовых газов, принятая равной 160 тыс. тонн продукта в год (раздел 4.1.3 и гл. 5? И как выходить на рынок при большом числе конкурентов?
9. По работе имеются замечания технического характера:
 - на рис. 1.7 стр.39 нет обозначений характеристик на оси ординат;
 - на рис. 1.20 стр. 77 нет обозначений элементов;
 - в формуле 2.66 стр. 119 нет расшифровки величины α_i ;
 - на рис. 3.2 отсутствует ось ординат (несмотря на то, что даны значения температур).

Часть из указанных замечаний имеют характер пожеланий и в целом они не снижают ценности работы, обладающей несомненной научной новизной и практической значимостью.

Заключение.

Общее содержание диссертации **Налетова Владислава Алексеевича**, уровень выполнения ее разделов и полученные результаты, определенная научная новизна, заключающаяся в разработке научных и методических основ организации химико-технологических систем переработки природных

энергоносителей на основе оптимальной дифференциации их функций между элементами и подсистемами, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы создания multifunctionальных технологических систем с оптимальными удельными расходами сырья, топливно-энергетических ресурсов, минимальным воздействием на окружающую среду и высокими термодинамическими КПД, имеющая важное социально-экономическое и хозяйственное значение, а также практическая значимость работы позволяют считать, что она **является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям**, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Содержание диссертационной работы и автореферата соответствует паспортам специальностей: 05.17.07 – «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ» и 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий».

В части области исследования специальности 05.17.07:

П.2 «Технологии и схемы процессов переработки нефтяного сырья на компоненты. Конструктивное оформление технологий и основные показатели аппаратуры установок для переработки сырья. Технологии подготовки нефти к переработке. Энергосберегающие технологии. Технологии приготовления товарных нефтепродуктов» (Глава 3, раздел 3.5).

П.8 «Разработка новых процессов переработки органических и минеральных веществ твердых горючих ископаемых с целью получения продуктов топливного и нетопливного назначения» (Гл. 3, разделы 3.2, 3.3, 3.4).

П. 9 «Научные основы промышленного процесса коксования углей. Теория формирования кускового кокса, пластического состояния, спекание углей и угольных шихт. Новые способы подготовки углей к производству кокса и химических продуктов коксования. Производство углеродистых восстановителей и сорбентов. Непрерывные способы коксования. Разработка путей и способов сохранности огнеупорной кладки коксовых печей» (Глава 3, разделы 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3).

П.12 «Экологические аспекты переработки топлив. Разработка технических и технологических средств и способов защиты окружающей среды от вредных выбросов производств по переработке топлив» (Глава 3, раздел 3.6, главы 4, 5).

В части области исследования специальности 05.17.08:

«Методы изучения и создания ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности, обеспечивающие минимизацию отходов, газовых выбросов и сточных вод» (Глава 2, разделы 2.1–2.6).

«Принципы и методы синтеза ресурсосберегающих химико-технологических систем с оптимальными удельными расходами сырья, топливно-энергетических ресурсов и конструкционных материалов» (Глава 2, раздел 2.7).

«Способы, приемы и методология исследования гидродинамики движения жидкости, газов, перемещения сыпучих материалов, исследование тепловых процессов в технологических аппаратах и технологических схемах, исследования массообменных процессов и аппаратов» (глава 4, раздел 4.2).

Автор диссертационной работы **Налетов Владислав Алексеевич** заслуживает присвоения искомой **научной степени доктора технических наук** по указанным выше специальностям.

Диссертационная работа **Налетова Владислава Алексеевича** «Разработка multifunctionальных технологических систем переработки природных энергоносителей на основе их оптимальной организации» заслушана и обсуждена на заседании кафедры промышленных теплоэнергетических систем ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» протокол № 9/18 от 21 мая 2018 года.

Заведующий кафедрой Промышленных
теплоэнергетических систем к.т.н., доцент
тел. (495) 362-75-53
E-mail: YavorovskyYV@yandex.ru

Ю.В. Яворовский

Профессор кафедры Промышленных
теплоэнергетических систем д.т.н., профессор
тел. (495) 362-17-70
E-mail: ild73@yandex.ru

И.А. Султангузин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
111250, Россия, Москва, ул. Красноказарменная, д.14
Тел. +7 495 362-75-60

Подписи Яворовского Ю.В. и Султангузина И.А. заверяю



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ
Л.И. ПОЛЕВАЯ