

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕПЛОФИЗИКИ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ АЛТГТУ

Д.Д. Матиевский

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова не относится к числу почтенных по возрасту вузов России. Его история начала отсчет времени с февраля тяжелого военного 1942 года, когда в г. Барнаул был эвакуирован Запорожский машиностроительный институт. Вместе с тем сегодня АлтГТУ - один из наиболее известных вузов азиатской части России, который по показателям комплексной рейтинговой оценки состояния науки и образования занимает достойное 11-е место в группе вузов, включающей более 60 крупнейших технических университетов России. По числу студентов АлтГТУ вместе с Бийским технологическим и Рубцовским индустриальными институтами, входящими в его структуру, является самым крупным вузом Сибири и Дальнего Востока - 29 тысяч обучающихся.

Достигнутые известность и признание, базируются на гармоничном развитии научной, образовательной и культурной деятельности в АлтГТУ. В этой неразделимой триаде первостепенное значение имеет научная деятельность, без которой вуз превращается в заурядную школу.

Главным звеном в проведении научных исследований являются научные кадры и четко налаженная эффективная система их подготовки. Основная подготовка докторов и кандидатов наук осуществляется через собственные докторантуру и аспирантуру, где обучаются 593 аспирантов, в том числе и иностранные граждане, по 58 специальностям и 35 докторантов по 9 специальностям. Руководство аспирантами осуществляют 90 докторов - профессоров и 26 кандидатов - доцентов, активно ведущих НИР. В университете работают 10 диссертационных советов, в том числе 6 - по защите докторских диссертаций. Многие ученые АлтГТУ приглашены для работы в качестве членов диссертационных советов других вузов. В одном из диссертационных советов разрешены защиты докторских диссертаций по специальностям: теплофизика и теоретическая теплотехника, тепловые двигатели, экология (техническая).

Ежегодно преподаватели и сотрудники АлтГТУ защищают 8-10 докторских и 30-35 кандидатских диссертаций. Защиты проходят не только в собственных диссертацион-

ных советах, но и в советах ведущих вузов России.

Приведенные цифры свидетельствуют о значительном интеллектуальном потенциале и активной научно-исследовательской работе в АлтГТУ. В результате за последние 10 лет нам удалось не только сохранить кадровый потенциал, но и существенно его усилить. Сегодня в университете работают 118 докторов, профессоров и 700 кандидатов наук.

На базе АлтГТУ функционируют Сибирское отделение АИН РФ, Алтайское отделение МАИ, Алтайский научный центр СО АН ВШ, НИИ информационных технологий и телекоммуникаций, НИИ вакуумных технологий, НИИ горного природопользования, НИИ проблем промышленного развития, НИИ эффективной энергетики, краевой центр новых информационных технологий в образовании, Алтайский Технопарк и Технополис с НИИ технологии машиностроения.

Для успешного решения крупных научно-технических проблем при университете созданы две проблемные научно-исследовательские лаборатории и 14 научных центров.

Наш вуз представлен 77 академиками и членами-корреспондентами в 11 отраслевых и государственной Академиях России и Международной Нью-Йоркской Академии.

Среди наших ученых лауреаты Государственных премий, премий Правительства и премий Алтайского края по науке и технике, заслуженные деятели науки и техники, заслуженные работники высшей школы, почетные работники высшего образования, Сороковские доценты и профессора. 2002 год оказался знаменательным. Четверо ученых нашего вуза удостоены премии Правительства РФ в области науки и техники за разработку устройств защитного отключения, позволяющих увеличить пожаробезопасность и снизить травматизм при коротком замыкании в электрических сетях.

Ученые университета проводят исследования по многим программам федерального и регионального масштаба, в том числе по проблемам последствий ядерных взрывов на Семипалатинском полигоне, конверсии и высоких технологий, природопользования и экологии, энергетики, энергосбережения и машиностроения, информатизации народного

хозяйства, электропожаробезопасности, медицины, образования, транспорта и строительства и др.

В результате многолетней творческой деятельности в области фундаментальных и прикладных научных исследований сформировалась тематика приоритетных научных исследований университета:

- новые информационные технологии и автоматизированные системы обучения, проектирования и управления на их основе;
- конструкторское, технологическое и эксплуатационное обеспечение качества машин;
- разработка технологий и машин глубокой переработки зерновых культур;
- разработка новых конструкционных и строительных материалов, сооружений и изделий на их основе;
- вакуумные технологии в народном хозяйстве;
- экономия топлив нефтяного происхождения и охрана воздушного бассейна с использованием перспективных топлив и реализацией нетрадиционных конструкторских решений в тепловых машинах;
- приборы и методы контроля природных сред, веществ, материалов и изделий;
- методологические и методические проблемы оптимизации социально-культурных и экономических факторов эффективности и качества технического образования в регионе;
- проблемы комплексного природопользования и нетрадиционная энергетика;
- исследования проблем и методов построения и совершенствования рыночного механизма, организационно-экономических и информационно-управленческих отношений на предприятиях и в регионе;
- комплексное использование сырья, создание ресурсосберегающих экономически безопасных технологий, машин и оборудования для их реализации.

Специфика АлтГТУ заключается в том, что он является единственным техническим вузом в Алтайском крае. Отсюда и широкий спектр специальностей, по которым ведется подготовка инженерных кадров (всего - 65) и проводятся научные исследования.

Специалистов по теплотехническому и теплоэнергетическому направлениям выпускают три кафедры: котлореакторостроения, тепловых двигателей, теплогазоснабжения и вентиляции. На этих кафедрах и сосредоточены широкомасштабные научные исследования в рассматриваемой области знаний.

Знания теплофизических процессов востребованы в широкой сфере инженерной

деятельности: в создании новых технологий, обеспечении теплоизоляции и надежности работы аппаратов и изделий, в решении проблемы охраны окружающей среды, обеспечения жизнедеятельности человека и др. В связи с чем многие общетехнические и профилирующие кафедры и лаборатории в той или иной мере ведут НИР по проблематике теплофизики и теплоэнергетики. Среди них: СВС - лаборатория, кафедры термодинамики и гидравлики, сварки, автомобилей и тракторов, прикладной математики, математического моделирования, композиционных материалов, физики и др., НИИ эффективной энергетики.

Кафедра котло - и реакторостроения занимается научными исследованиями, внедрением результатов, созданием методик расчета энергетических котлов совместно с котлостроительными заводами (ТКЗ, ЗиО, БКЗ, БикЗ), научно-исследовательскими и проектными институтами (ЦКТИ, ВТИ, СибВТИ, ВНИАМ, НИЦ Бийскэнергомаш), эксплуатационными и промышленными организациями (Алтайэнерго, Ростовэнерго, БТЭЦ-3, БТЭЦ-2, тепловые сети, городские и промышленные котельные).

Для глубокого и качественного познания теплофизических процессов, происходящих при сжигании твердого топлива в кипящем слое, а также надежного и экономичного аппаратного оформления топочных устройств с кипящим слоем в лабораториях кафедры функционируют следующие установки:

- пилотная огневая установка мощностью 0,5 МВт; два лабораторных огневых стенда с кипящим слоем; крупномасштабная (2 м²) изотермическая модель топки ЦКС; плоская изотермическая модель кипящего слоя; установка для термообработки; плоская изотермическая модель ЦКС; модель пневмозатвора с кипящим слоем; растопочное устройство «kozyрек»; аэродинамическая установка для крупномасштабных моделей газозовоздуховодов; аэродинамический стенд для изучения теплообмена и отложений на цилиндрических поверхностях;
- лаборатория физико-технического анализа топлива; лаборатория химического анализа дымовых газов; интенсивно используются лаборатории других кафедр университета и предприятий.

Проводятся исследования и ведутся разработки по следующим вопросам и проблемам:

- оптимизация системы ожигения слоя (конструкция газораспределительной решетки)

ки, колпачков, сепаратора слива слоя, параметры газовых струй, равномерность ожигания);

- надежность методов растопки топочного устройства;

- эффективность выгорания твердого топлива (механизм образования механического недожога, возврат уноса, способы дожигания);

- применение грануляции (грануляция уноса, мелкого топлива, всего топлива);

- сжигание нетрадиционных топлив в кипящем слое (отходы цветной металлургии, деревообработки, химпромышленности, органические и сельхозотходы, ил водоотстойников и др.).

По данным вопросам сделаны теоретические проработки, проведены лабораторные и промышленные исследования и на их основе разработаны и внедрены аппараты с кипящим слоем в различных отраслях промышленности, в т.ч. на котле БКЗ 420-140 КС Барнаульской ТЭЦ-3.

К настоящему времени сложилась неблагоприятная обстановка в коммунальной энергетике. В течение многих лет в Советском Союзе основное внимание уделялось строительству крупных тепловых электростанций, а коммунальные котельные располагались, в основном, в непригодных помещениях и оснащались несовершенными, часто самодельными котлами с ручным обслуживанием и низким КПД использования топлива.

Сегодня особое внимание привлекает малая энергетика. Необходимо создание котлов нового поколения с высоким КПД использования топлива, с механизированной и автоматизированной работой. В связи с удорожанием традиционных топлив рассматриваются возможности использования в малой энергетике нетрадиционных топлив, возобновляемых источников энергии при сниженном экологическом воздействии на окружающую среду.

На кафедре КиРС АлтГТУ проводятся исследования свойств нетрадиционных топлив, оценивается их энергетический потенциал в Алтайском крае.

Сделана количественная оценка нетрадиционных топлив Алтайского края – отходов древесины, лузги подсолнечника, шелухи гречихи, соломы пшеницы и ржи.

Проведенные расчеты показали, что энергетический потенциал нетрадиционных горючих Алтайского края значительно превышает энергетический потенциал ввозимого

для коммунальной энергетики каменного угля.

Свойства изученных нетрадиционных топлив и условия их использования требуют создания специальных топочных устройств. Котлы для коммунальной энергетики разрабатываются на кафедре КиРС совместно и при спонсорской поддержке ЗАО «Сибтепломонтаж». Программой работ ЗАО «Сибтепломонтаж» предусмотрено серийное производство и внедрение котлов нового поколения разработки кафедры в коммунальной энергетике.

На кафедре ДВС - одной из старейших кафедр АлтГТУ, общая тема научных разработок сформулирована так: "Исследование и совершенствование рабочих процессов транспортных и тракторных дизелей с целью повышения их мощности, экономичности, надежности, снижения дымности и токсичности отработавших газов".

Имеющиеся на кафедре экспериментальные стенды, оборудованные приборами и устройствами общего и специального назначения, позволяют осуществлять: индцирование полостей цилиндра и топливной аппаратуры; измерения низких давлений, температур, локальных тепловых потоков и степени черноты поверхностей, частоты вращения, малых перемещений, расходов жидкости и газов, тормозных усилий, температуры пламени и концентрации сажи при исследованиях импульсных, скоротечных и динамических процессов, определяющих специфику рабочего цикла ДВС.

Результаты экспериментальных исследований в совокупности с математическими моделями отдельных процессов и рабочего цикла в целом дают возможность анализа и комплексной оценки качества работы двигателя по показателям: работоспособности, индикаторной и эффективной экономичности, механическим потерям, тепловой и механической напряженности, токсичности и содержанию твердых частиц (сажи) в отработавших газах.

Созданная на кафедре экспериментальная и методическая база обеспечивают проведение исследований и поиск путей и мероприятий по совершенствованию двигателя в важнейших направлениях, стоящих перед отраслью дизелестроения:

1. Повышение удельной мощности (ГТН).
2. Повышение эффективного КПД и снижение удельного расхода топлива (интенсификацией и оптимизацией процессов смесеобразования и сгорания за счет согласования

параметров впрыска топлива, конструкции камеры сгорания и скорости движения воздуха в ней).

3. Уменьшение дымности и токсичности (переход на дизельный цикл - дизелизация автотранспорта, в том числе легкового, - нейтрализация отработавших газов, повышение давления впрыска топлива, рециркуляция ОГ, подача воды).

4. Экономия жидких углеводородных топлив нефтяного происхождения полной или частичной заменой газообразными и альтернативными (метанол, этанол, аммиак, водород, биогаз, рапсовое масло, смесевые и синтетические жидкие топлива).

5. Повышение коэффициента использования теплоты в установках с ДВС (создание двигателей постоянной мощности, мини-ТЭЦ с поршневыми ДВС для совместного производства электрической и тепловой энергии).

В данных направлениях кафедра ДВС выполняет проекты по НТП регионального, отраслевого и федерального уровня, а также по заказам предприятий. Успешно сотрудничает с моторостроительными предприятиями (ОАО ХК Барнаултрансмаш, ОАО АМЗ, Автоваз), кафедрами ДВС ведущих технических вузов страны (МГТУ им. Э. Баумана, СпГТУ, НГАВТ и др.) и институтами СО РАН.

Ряд предложений кафедры нашли использование в продукции, выпускаемой моторостроительными предприятиями, при создании отраслевых стандартов. Их приоритет подтвержден многими авторскими свидетельствами и патентами, а научная новизна - защитами 6 докторских и более 30 кандидатских диссертаций по тематике НИР кафедры. Результаты НИР широко используются в учебном процессе.

Новым направлением разработок кафедры в области теории ДВС является создание зонных моделей, учитывающих локальный характер развития процессов и позволяющих дать их математическое описание не только во времени, но и в пространстве, что значительно расширит возможности экспериментатора и конструктора в управлении и оптимизации процессов на стадиях конструирования и доводки двигателя.

Создание зонных моделей требует постановки соответствующих экспериментов и других подходов к изучению процессов. В частности, необходимо отказаться от интегрального описания процесса сгорания аппроксимационными уравнениями в функции времени, а моделировать процессы выделения теплоты во времени и пространстве на

основе их физико-химической сущности. На что и направлены сейчас усилия кафедры. Первые шаги осознания локальности процессов на кафедре ДВС сделаны в результате создания экспериментальной установки с аппаратно-программным комплексом, включающим систему автоматической записи информации и пакет прикладных программ регистрации, хранения и обработки информации. В результате получена весьма неравномерная пространственно-временная картина характеристик сажистого пламени в объеме цилиндра по температуре; концентрации сажи, окислов азота; тепловому потоку и локализации зон горения.

Изучение процесса сгорания осуществляется в направлениях построения математических моделей:

- задержки воспламенения топлива, как модельной задачи о периоде индукции динамического теплового взрыва;

- самовоспламенения газа перед фронтом пламени и появление "жесткого" сгорания (стук, детонация) как проблемы конкуренции процессов фронтального и объемного сгорания;

- процессов горения в ДВС на основе закономерностей горения в замкнутых объемах и сообщающихся сосудах.

Кафедра ТГВ и АлтРИЦЭ ведет работы в области теплофикации и теплоэнергетики. Ими разработана концепция развития энергетики Алтайского края на период до 2010 года. Наиболее важными разделами концепции являются разделы, посвященные энергосбережению и финансированию энергетики, газификации края, перспективам использования природного газа в новых энергетических установках.

Кафедрой ТГВ разработаны технические предложения с технико-экономическим обоснованием и бизнес-планом для многих (27) объектов энергетики края от самых маленьких мощностью 0,63 МВт до 140 МВт.

Активно участвуя в создании и реализации программы по энергосбережению Министерства образования РФ, кафедра выполнила комплекс работ по модернизации энергообеспечения АлтГТУ с перспективой замены отопительных систем, теплосетей и строительства мини-ТЭЦ. Совместно с ОАО ХК Барнаултрансмаш оптимизируется тепловая часть мини-ТЭЦ.

С участием кафедры подготовлены и введены в действие территориальные строительные нормы Алтайского края "Энергетическая эффективность жилых и обществен-

ных зданий. Энергосберегающая теплозащита зданий".

НИИ «Эффективной энергетики» ведет исследования в области энергосбережения и использования возобновляемых источников энергии. В рамках государственной научно-технической программы России «Экологически чистая энергетика» приоритетного направления «Топливо и энергетика» и федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники гражданского назначения»: «Системы энергообеспечения автономных сельских потребителей в Алтайском крае» и «Энергоавтономный дом» и в рамках соглашения о сотрудничестве с Институтом солнечных энергетических систем им. Фраунгофера (г. Фрайбург, Германия) создан учебно-научный демонстрационный комплекс нетрадиционной энергетики, позволяющий проводить исследования и натурные испытания систем энергообеспечения сельских потребителей на базе агрегатов нетрадиционной энергетики, демонстрацию и рекламу этих систем. На базе проведенных исследований и испытаний разработан раздел «Малая и нетрадиционная энергетика» региональной программы «Развитие энергетики Алтайского края на период до 2010 года. С 1999 года проект «Энергоавтономный дом» выполняется как международный в области энергетики, топлива и энергосбережения. На основании теоретических и экспериментальных исследований эффективности использования НВИЭ в природно-климатических условиях Алтайского края разработана концепция экспериментального здания, энергообеспечение которого будет осуществляться за счет энергии солнечного излучения и ветра. Разработана проектная документация с использованием опыта, накопленного инопартнером при создании и эксплуатации низкоэнергетических и пассивных зданий. Ведется отработка технических решений в процессе строительства экспериментального здания в г. Барнауле.

Были разработаны и переданы технологии энергоснабжения объектов народного хозяйства края:

- горячее водоснабжение с использованием солнечных коллекторов (Барнаульское муниципальное предприятие «Тепловые сети», «Гостиница Барнаул», детский сад, Алтайский спортивный клуб «Динамо»);

- автоматическое регулирование параметров теплоносителей в системах тепло-

снабжения (здание администрации Алтайского края, краевого театра драмы);

- комбинированная система отопления с использованием инфракрасных излучателей (машинно-тракторная мастерская опытно-производственного хозяйства Западно-Сибирской овощной опытной станции).

Полученные результаты измерения тепловых потоков воздухообмена и температурных режимов в сорока объектах сельских районов Алтайского края позволили сформулировать программу работ по внедрению энергосберегающих технологий.

Кафедра физики и технологии композиционных материалов успешно проводит исследования по созданию технологий получения новых эффективных теплоизоляционных, эластичных материалов с улучшенными массогабаритными показателями и по оптимизации их толщины для решения проблемы теплозащиты и уменьшения массы корпуса ракетных двигателей транспортного типа.

Результатом совместной работы с ООО "Алсуд" и "Баккра" является разработка энергосберегающей системы отопления жилых и служебных помещений площадью от 50 до 2000 м² на базе электродных котлов. Модульный принцип, положенный в основу систем отопления и горячего водоснабжения, позволяет обеспечивать теплом и горячей водой здания любой площади. Многолетний опыт эксплуатации показал их высокую надежность, экономичность и конкурентоспособность с другими видами отопления. Эти системы исключают в сельской местности заготовку топлива на зиму, трудоёмкую работу по отоплению, автоматически создают постоянный заданный температурный режим в помещениях независимо от температуры наружного воздуха, не требуют постоянного наблюдения за их работой.

Системы внедрены в Алтайском, Красноярском и Приморском краях, Сахалинской, Кемеровской и Новосибирской областях, Республике Казахстан, Китайской Народной Республике. Всего пущено в эксплуатацию в период с 1997 по 2002 г. 6237 систем с котлами ЭВП-03.1 (в Алтайском крае – 2607 систем) и 1193 с котлами ЭВП-03.3 (в Алтайском крае – 1023). Общий экономический эффект от всех установленных систем отопления превышает 80 млн. рублей

На этой же кафедре совместно с ООО «Битруб Интернэшнл» разработана технология и освоено в ООО «Электра» производство приборов «мягкой теплоты» в виде гибких нагревательных элементов на основе угле-

родных токопроводящих тканей. Разработаны и зарегистрированы в установленном порядке технические условия, получен гигиенический сертификат, проведены испытания на пожарную безопасность. Нагреватели сертифицированы.

Проблемная научно-исследовательская лаборатория СВС-материаловедения ведет исследования процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), нетрадиционной порошковой металлургии, разработку новейших технологий получения композиционных материалов. В течение последних лет в лаборатории успешно создаются измерительные системы и диагностическая аппаратура на основе интегральных фотодиодных структур и микропроцессорных контроллеров для комплексного исследования теплофизических процессов в порошковой металлургии, широко применяются бесконтактные оптические методы измерений на базе матричных полупроводниковых фотоприемников и микропроцессорной техники.

Одним из основных направлений ПНИЛ СВС является исследование процессов формирования тепловых структур в волне горения СВС. Обнаружены явления локализации тепла, связанные с образованием метастабильных тепловых структур при переходе кондуктивного теплообмена в радиационный в ходе реакции СВ-синтеза.

Предусматривается построение термодинамических моделей возникновения диссипативных структур в волне горения, представляющих как самостоятельный научный интерес для создания обобщенной теории подобия, так и служащих основой для создания управляемых технологий получения пористых материалов с заранее заданными физико-механическими свойствами. Особое внимание уделяется эволюции развития тепловых структур, в том числе механизму перехода из одного режима горения с обострением в другой, в частности, рассматриваются проблемы радиационного теплообмена в дисперсно-фазных средах. В рамках эксперимента исследуется роль границы между тепловыми структурами и ее влияние на прочность, пористость и твердость полученного материала, а также зависимость излучательной способности материалов от фазового состава и насыпной плотности дисперсного материала.

Налажено производство пористых проницаемых материалов. Фильтры, изготовленные методом СВС, находят применение в те-

пловой энергетике, в ядерной промышленности из-за особых свойств материала фильтров, который невозможно получить в рамках традиционных технологий.

Важное направление в работе ПНИЛ СВС занимает разработка основ технологического контроля и управления режимами детонационно-газового напыления. На основе установки детонационно-газового напыления «Катунь М» создан экспериментально-диагностический комплекс, оснащенный системой интегрального контроля скоростных параметров конденсированной фазы потока. Особое внимание уделяется оптимизации параметров напыления, в частности, впервые определен технологический режим работы установки, при котором осуществляется разгон значительной доли частиц до сверхзвуковых скоростей, порядка 700-800 м/с.

Для получения покрытий используется широкий спектр порошковых материалов. Так, ведутся работы по получению покрытий из композиционных СВС - материалов, синтезированных методами механоактивации. По имеющимся на сегодняшний день результатам, полученные интерметаллидные покрытия значительно превосходят по уровню эксплуатационных свойств обычные металлические покрытия, что стимулирует необходимость дальнейшей разработки указанной тематики. Кроме того, впервые получено детонационным способом покрытие вещества ГА (гидроксиапатиты, класса природных минералов) на титановую основу для получения биосовместимых покрытий на протезы – имплантаты, применяемые в медицине.

На кафедре «Теория электромагнитного поля и электроэнергосбережение» проводятся научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по разработке технологий и составов полимерных композиционных материалов и широком внедрении на их основе электрообогревателей пластинчатого типа и многоэлектродных пластинчатого и объемного типов. Научные направления кафедры - электрофизика и электрофизические установки и теплофизика и молекулярная физика.

При сотрудничестве с институтом теплофизики СО РАН им. С.С. Кутателадзе под его редакцией издан ряд публикаций, совместно с ИТ СО РАН получены 2 патента.

Кафедрой рассмотрены и решены следующие задачи:

1. Разработаны методики расчета тепловой проводимости различных моделей композиционных электрообогревателей.

2. Впервые предложены расчетные формулы, позволяющие определить в явном виде тепловую проводимость электрообогревателя в зависимости от его геометрических и эксплуатационных параметров.

3. Теоретические разработки положены в основу опытно-промышленного производства гибких композиционных электрообогревателей. К настоящему времени выпущено и реализовано через торговую сеть около 20 тыс. изделий.

В настоящее время совместно с НИИ интроскопии Томского политехнического университета проводятся работы по определению теплофизических характеристик композиционных материалов и изделий из них с применением пирометрических и тепловизионных методов.

Кафедра высшей математики и математического моделирования разработала экспериментальную методику, позволяющую практически напрямую рассчитать коэффициент теплоотдачи в камерах сгорания.

Кафедра теплотехники и гидравлики исследует выделение дополнительной тепло-

вой энергии, связанное с явлением кавитации в гидродинамических аппаратах, разрабатывает ленточные многоярусные, непрерывного действия сушильные установки конвективного типа для сушки нетканых материалов, обеспечивающих снижение энергопотребления на 30-40 % за счет утилизации теплоты отработавшего сушильного агента.

Кафедра общей физики, используя методы компьютерного моделирования, исследовала процесс высокотемпературного самораспространяющегося синтеза в системе Ni-Al. Было впервые показано, что в процессе синтеза материал претерпевает целую серию структурно-фазовых превращений, заканчивающихся образованием зародышей интерметаллических фаз.

На кафедре литейного производства разрабатываются отопительные приборы для жилых и производственных помещений в системах водяного отопления с температурой теплоносителя до 150 °С и избыточным давлением до 25 атм.