

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения
Российской академии наук

Утверждено

Директор Института, академик РАН

Д.М. Маркович



12 _____ 2019 г.

Программа развития

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения
Российской академии наук

на 2020 - 2024 годы

г. Новосибирск

2019

РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1	Информация о научной организации	
1.1.	Полное наименование	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук
1.2.	Сокращенное наименование	ИТ СО РАН
1.3.	Фактический (почтовый) адрес	630090, Новосибирская область, город Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, дом 1
2.	Существующие научно-организационные особенности организации	
2.1.	Профиль организации	1. Генерация знаний 3. Научно-технические услуги
2.2.	Категория организации	1
2.3.	Основные научные направления деятельности	Фундаментальные, поисковые и прикладные научные исследования по следующим направлениям: - теория теплообмена и физическая гидрогазодинамика; - теплофизические основы создания нового поколения энергетических и энергосберегающих технологий и установок; - теплофизические свойства веществ; - теплофизические аспекты водородной энергетики. Направления деятельности Института соответствуют Приоритетным направлениям, закрепленным в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 (подпунктам «а», «б», «д» пункта 20).

РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

2.1. Цель Программы развития

Программа развития является документом программно-целевого планирования, определяющим содержание и показатели деятельности ИТ СО РАН на среднесрочную перспективу для обеспечения сохранения и упрочения статуса ИТ СО РАН как исследовательского центра мирового уровня, выполняющего фундаментальные и прикладные исследования в области: теплообмена; физической гидрогазодинамики; теплофизических свойств веществ; теплофизических основ перспективных энергетических технологий.

Цель Программы развития ИТ СО РАН соответствует целям научно-технологического развития Российской Федерации, закрепленным в Указе Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. № 204, в первую очередь, в части обеспечения: присутствия Российской Федерации в числе пяти ведущих стран мира, осуществляющих научные исследования и разработки в областях, определяемых приоритетами научно-технологического развития; привлекательности работы в Российской Федерации для российских и зарубежных ведущих ученых и молодых перспективных исследователей. Цели Программы непосредственно увязаны с основной целью научно-технологического развития РФ,

сформулированной в Указе Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 – обеспечение независимости и конкурентоспособности страны за счет создания эффективной системы наращивания и наиболее полного использования интеллектуального потенциала нации. С учетом специфики и областей проводимых ИТ СО РАН научных исследований формируемая научно-исследовательская программа и целевые показатели Программы развития отвечают Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, Национальному проекту «Наука» и входящим в его состав федеральным проектам, иным нормативно-правовым актам Российской Федерации.

2.2. Задачи Программы развития

В соответствии с основной целью Программа развития ИТ СО РАН направлена на решение задач: формирования и реализации научно-исследовательской программы; развития интеллектуальных ресурсов и научной инфраструктуры ИТ СО РАН; создание условий для получения результатов мирового уровня на основе развития и использования потенциала ИТ СО РАН в интересах государства и общества. Задачи Программы развития включают также реализацию системы мер по повышению эффективности и уровня научно-образовательной деятельности, усилению кадрового потенциала и развитию международного сотрудничества.

Задачи Программы развития ИТ СО РАН соответствуют задачам, сформулированным в Указе Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. № 204, в частности, задачам в сфере науки: создание передовой инфраструктуры научных исследований и разработок, инновационной деятельности; обновление не менее 50 процентов приборной базы ведущих организаций, выполняющих научные исследования и разработки; создание научных центров мирового уровня; создание научно-образовательных центров мирового уровня на основе интеграции университетов и научных организаций и их кооперации с организациями, действующими в реальном секторе экономики; формирование целостной системы подготовки и профессионального роста научных кадров, обеспечивающей условия для осуществления молодыми учеными научных исследований и разработок, создания научных лабораторий и конкурентоспособных коллективов; по национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации»: создание сквозных цифровых технологий преимущественно на основе отечественных разработок; преобразование приоритетных отраслей экономики и социальной сферы, включая здравоохранение, образование, промышленность, сельское хозяйство, строительство, городское хозяйство, транспортную и энергетическую инфраструктуру, финансовые услуги, посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений; задачам в сфере экологии: формирование комплексной системы обращения с твердыми коммунальными и опасными отходами; . Задачи Программы соответствуют Приоритетным направлениям, закрепленным в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642. В частности, подпунктам «а», «б», «д» пункта 20 Стратегии: а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта; б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии; д) противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства.

РАЗДЕЛ 3. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА «Исследования в области теплофизики и физической гидрогазодинамики, направленные на создание перспективного энергетического оборудования и энергоэффективных экологически безопасных технологий»

3.1. Ключевые слова

Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования, теплоперенос, массоперенос, фазовые переходы, абсорбция, теплофизические

свойства веществ и материалов, вихревые течения, пленочные течения жидкости, турбулентность, струи, пограничный слой, снижение сопротивления, многофазные потоки, волны, организация тепловой защиты, пористые среды, дисперсные и микродисперсные системы, микро- и наноразмерные системы, гидрофильность и гидрофобность, микроканалы, разреженные газы, плазмохимические процессы, нанотрубки, графен, газофазное осаждение, горение газообразного, жидкого и твердого топлива, теплоэнергетика, гидроэнергетика, геотермальная энергетика, возобновляемые источники энергии, газогидраты, водородная энергетика, топливные элементы, энергоэффективность, энергосбережение, переработка отходов, уникальные научные установки, методы численного моделирования, методы и приборы для диагностики теплофизических процессов и свойств веществ.

Коды ГРНТИ: 27.35, 29.03, 29.17.15, 29.17.19, 29.17.35, 29.17.43, 29.19.09, 29.19.15, 29.19.22, 29.27.43, 29.27.51, 29.33.47, 30.17, 30.51, 31.15.25, 31.15.27, 31.15.35, 44.31, 44.33.29, 44.33.31, 44.35.03, 44.35.29, 44.37.03, 44.37.29, 44.39.03, 44.39.29, 44.41.29, 55.36, 55.37.29, 55.37.31, 59.14.23, 59.35, 59.37, 61.53.19, 61.53.91, 61.53.99, 67.53.25, 81.09.03, 81.29.29, 87.17.03, 87.53.13, 90.03.03, 90.27.

3.2. Аннотация научно-исследовательской программы

Научно-исследовательская программа направлена на проведение исследований теплофизических процессов и явлений с целью решения проблем перспективных направлений энергетики и создания научных основ энергоэффективных технологий, повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции и разрабатываемых технологий, обеспечения энергобезопасности и получения преимуществ России в соответствии с приоритетами и «большими вызовами», указанными в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации.

С учетом научного задела и потенциала ИТ СО РАН, общемировых тенденций, возможностей и ограничений международной кооперации Программа предусматривает выполнение в 2020-2024 гг. научных исследований и разработок мирового уровня по основным направлениям:

1. фундаментальные вопросы теплопереноса и физической гидрогазодинамики;
2. фазовые превращения и теплофизические свойства перспективных теплоносителей, конструкционных и функциональных материалов современной энергетики;
3. теплофизические проблемы переработки и сжигания органических топлив, в т.ч. применительно к газотурбинным установкам;
4. теплофизика мини-, микро- и наноразмерных систем;
5. научные основы повышения энергоэффективности технологических процессов, установок и аппаратов, в т.ч. в энергетике, аэрокосмической технике, химических технологиях и электронике;
6. фундаментальные проблемы водородной энергетики, возобновляемой энергетики и энергосбережения;
7. проблемы безопасности атомной энергетики.

Планируемые исследования характеризуются уникальностью, конкурентоспособностью и актуальностью, носят комплексный характер и включают новые направления. Ожидаемые результаты выполнения научно-исследовательской программы в среднесрочной перспективе могут быть широко востребованы ведущими организациями реального сектора экономики, осуществляющими научно-технологическое развитие Российской Федерации, в качестве основы для модернизации оборудования и технологий производства энергии, энергетического и транспортного машиностроения, аэрокосмической техники, микроэлектроники, научного приборостроения и других высокотехнологичных областей, в которых требуется опережающее развитие.

3.3. Цель и задачи научно-исследовательской программы

3.3.1. Основная цель научно-исследовательской программы заключается в определении наиболее важных направлений и проблем, требую-

щих получения новых знаний в области теплообмена и физической гидрогазодинамики; процессов переноса в многофазных системах с фазовыми и химическими превращениями; теплофизических свойств веществ; теплофизических основ перспективных энергетических, энерго-сберегающих и энергоэффективных технологий.

Задачами научно-исследовательской программы служат: организация и проведение исследований на современном мировом уровне; получение приоритетных научных результатов в рамках выполнения работ по государственному заданию, по комплексным научно-техническим программам и проектам, по научным проектам, поддерживаемым РФФИ, РНФ, РФФИ и другими фондами, программами Минобрнауки России, а также НИР и ОКР в интересах промышленных предприятий; публикация результатов с акцентом на высокорейтинговые журналы первого, второго квартиля; создание объектов интеллектуальной собственности. Выполнение научно-исследовательской программы предполагает обновление приборной базы в рамках Национального проекта «Наука», а также значительное увеличение объемов финансирования, получаемого ИТ СО РАН дополнительно к субсидии на выполнение государственного задания.

3.3.2. Задачи научно-исследовательской программы	3.4. Уровень научных исследований по теме научно-исследовательской программы в мире и Российской Федерации	3.5. Основные ожидаемые результаты по итогам реализации научно-исследовательской программы и возможность их практического использования
1. Фундаментальные вопросы теплопереноса и физической гидрогазодинамики		
1.1. Теоретическое и экспериментальное исследование нелинейных волн и процессов теплопереноса в волновых пленках вязкой жидкости, движущихся под действием силы тяжести и/или газового потока (получение информации о трехмерных волнах на пленках жидкости, в т.ч. при течении растворов поверхностно-активных веществ, с использованием панорамных методов диагностики; изучение устойчивости к малым и конечноамплитудным возмущениям; расчет нелинейных волн и процессов переноса в пленках, увлекаемых газовым потоком; экспериментальное исследование волн в дисперсно-кольцевых потоках в т.ч. с учетом уноса и падения капель и твердых частиц на поверхность жидкости; моделирование течений вязкой пленки по	Исследователи из ИТ СО РАН определяют уровень работ по волновой тематике не только в России, но и в мире, что видно из публикаций в ведущих зарубежных журналах. Разработанный в ИТ СО РАН и не имеющий аналогов в мировой практике метод трехмерной лазерно-индуцированной флюоресценции позволяет получать локальные поля скорости и толщины пленок жидкости. Созданные методы расчетов нелинейных волн позволили рассчитать уединенные волны (солитоны) в пленочных течениях. В России коллектив под руководством профессоров Демехина и Калайдина (Краснодар) успешно проводит теоретические расчеты по волновой тематике. Широко известна школа профессора Шкадова (МГУ). В мире есть сильные группы, с которыми участники проекта осуществляют прямое взаимодействие (взаимные командировки, чтение лекций, совместные исследования и публикации): Imperial College, Лондон; Университет Ноттингема; Королевский технологический институт, Стокгольм; Университет Байройта и др.	Новые экспериментальные и теоретические результаты по динамике волновых процессов в пленках вязкой жидкости, движущихся под действием силы тяжести и/или газового потока. Модели и расчётные данные по процессам переноса в пленках, увлекаемых газовым потоком. Экспериментальные данные по крупноамплитудным волновым процессам в дисперсно-кольцевом потоке. Определение механизма захвата воздуха при ударах капель и твердых тел по поверхности жидкости в дисперсно-кольцевом течении. Расчётные данные по особенностям пленочных течений по геометрически сложным поверхностям. Результаты исследований будут востребованы при разработке новых методик расчетов оптимизированного тепло-массообменного оборудования.

геометрически сложным поверхностям).		
1.2. Развитие теоретических методов прогнозирования изменения термодинамических параметров и агрегатного состояния полупрозрачных сред под действием излучения (моделирование нестационарного радиационно-кондуктивного теплообмена в полупрозрачных средах при различных физических условиях).	Высокий научный интерес в мире к нестационарному радиационному и сложному теплообмену с учетом оптических свойств материалов в настоящее время обусловлен широким спектром задач, в которых он играет важную роль: от совершенствования технологий производства материалов до прогнозирования динамики климата	Подходы к моделированию нестационарного радиационно-кондуктивного теплообмена с учетом селективности оптических свойств и плавления полупрозрачных материалов, что найдет применение в решении задач о динамике ледового покрова в арктической зоне, а также для совершенствования показателей термической обработки сырья и компонентов при производстве пищевых продуктов, в химических и других технологиях.
1.3. Исследование неравновесных процессов в разреженном газе и плазме (теоретические и экспериментальные исследования свойств пылевой (комплексной) плазмы; моделирование процессов зарядки пылевых частиц несферической формы; исследование нелокальной электронной кинетики в низкотемпературной плазме разряда постоянного тока с пылевыми частицами; моделирование течений разреженного газа).	Активное исследование свойств пылевой плазмы началось в последние десятилетия в связи с целым рядом практических приложений, таких как электродинамика продуктов сгорания, электрофизика МГД генераторов, а также с использованием технологий плазменного напыления и травления в микроэлектронике и развитием производства тонких пленок и наночастиц. Новая серия экспериментов на борту МКС стартовала в 2014 году в рамках международного проекта Плазменный Кристалл - 4.	Будут получены новые предсказания теории, описывающие самоорганизацию пылевых структур в разрядной плазме, в том числе в ходе выполнения международного проекта Плазменный Кристалл - 4.
2. Фазовые превращения и теплофизические свойства перспективных теплоносителей, конструкционных и функциональных материалов современной энергетики		
2.1. Исследование теплофизических свойств веществ (свойства теплоносителей, конструкционных и функциональных материалов, используемых в современном и разрабатываемом энергетическом оборудовании; разработка справочных таблиц для научного и практического использования, а также для включения в базы данных; изуче-	В настоящее время теория не позволяет рассчитывать свойства с требуемой для практики точностью, поэтому получение достоверных экспериментальных данных о теплофизических свойствах перспективных материалов для энергетики в широких интервалах температур является актуальной задачей. Исследование теплофизических свойств активно проводятся во многих развитых странах. Наиболее широкий спектр таких работ выполняет National Institute of	Новые методики измерения теплопроводности материалов методом лазерной вспышки. Прецизионные экспериментальные данные по комплексу свойств редких металлов, растворов щелочных металлов со свинцом и висмутом в твердом и жидком состояниях, озонобезопасных смесевых хладагентов в паровой фазе и на линии конденсации, а также скоро-

<p>ние областей фазовой стабильности материалов и изменения их свойств при фазовых переходах; установление общих закономерностей изменения теплофизических свойств материалов в зависимости от состава, кристаллической структуры, электронного строения и параметров состояния, а также разработка на этой основе методов прогнозирования свойств новых материалов; получение новых малопараметрических уравнений для расчета коэффициента вязкости индивидуальных веществ в широком диапазоне параметров состояния).</p>	<p>Standards and Technology (США). Исследование жидких металлов проводят в Aerospace Center, Institute of Materials Physics in Space (Германия); Imperial College (Великобритания), Tohoku University (Япония). Свойства газов входят в программу исследований Kyushu University (Япония); Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (Италия). В настоящее время ИТ СО РАН располагает наиболее развитой экспериментальной базой для исследования теплофизических свойств веществ в РФ. Некоторые из стендов собственной разработки по своим метрологическим характеристикам и измерительным возможностям, не имеют аналогов в мире. Это подтверждается публикациями в ведущих международных журналах, а также их аттестацией Государственной службой стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССД).</p>	<p>сти звука в газовых растворах гелий-ксенон. Новые данные по свойствам конструкционных и функциональных материалов, в том числе для атомной техники, позволяющие прогнозировать их поведение при высоких температурах в случае аварийных ситуаций. Таблицы температурно-концентрационных зависимостей всех свойств изученных веществ и материалов, которые можно использовать для практических приложений, а также для включения в базы данных. Методы прогнозирования свойств изученных классов материалов. Результаты проведенных исследований могут быть востребованы для развития теории свойств веществ и фазовых превращений, а также при разработке и проектировании энергетического (включая атомные и термоядерные реакторы), холодильного, теплонасосного оборудования и систем трансформации энергии. Новое единое малопараметрическое уравнение для расчета коэффициента вязкости газов и паров в широком диапазоне параметров состояния.</p>
<p>2.2. Создание передовых методов ионно-плазменной модификации поверхности материалов (получение новых экспериментальных данных по составу, электрофизическим и теплофизическим свойствам плазмы низкочастотного индукционного разряда в молекулярных газах, изучение ее взаимодействия с поверхностью металлов, полупроводников и диэлектриков).</p>	<p>Исследования, проводимые в последние годы в мире (США, Южная Корея и др.) и в России, показали перспективность применения низкочастотного индукционного разряда для повышения эффективности технологий ионно-плазменной модификации поверхности материалов.</p>	<p>Экспериментальные данные о влиянии условий генерации на параметры плазмы низкочастотного индукционного разряда, о закономерностях взаимодействия плазмы разряда в молекулярных газах с поверхностью металлов, полупроводников и диэлектриков. Перспективные плазменные источники ионов и химически активных частиц для создания высокоэффективных технологий ионно-плазменной</p>

<p>2.3. Разработка теоретических основ технологических процессов роста кристаллов и пленок из расплавов; основ оптимизации процессов получения поли- и монокристаллов высокого качества и большого диаметра. Разработка научных основ новой энергоэффективной и экологически чистой плазмохимической технологии производства поликристаллического кремния солнечного качества из металлургического кремния.</p>	<p>В России производство монокристаллов (кроме сапфира, АО “Монокристалл” и германия, ОМКБ “АС-ТРОН”) находится на уровне единичных экземпляров или малых серий. Электронно-пучковое рафинирование на базе электронных пушек с полым катодом в комбинации с новым газоструйным плазмохимическим методом (разработка ИТ СО РАН) способно существенно снизить энергоемкость получения солнечного кремния в сравнении с традиционным хлорсилановым методом. Другой разновидностью металлургического подхода к рафинированию кремния является электронно-пучковый переплав (EBM – Electron-Beam Melting). Главным образом такой подход развивается в Японии и Китае. Основные конкуренты: Key Laboratory for Solar Energy Photovoltaic System (Далян, Китай); International Research Center for Sustainable Materials (University of Tokyo, Япония) и др. Исследования ИТ СО РАН позволят создать технологию, аналогов которой нет в мире. Лидер по производству пластин кремния для микроэлектроники – Taiwan Semiconductor Manufacturing Corp., затем компании UMC, Globalfoundries, Semiconductor Manufacturing International Corp. и др. Лидеры по производству микросхем перешли на использование пластин диаметрами 300 и 450 мм. Прогнозируется изготовление пластин диаметром до 675 мм. Для достижения нового технологического уровня все ведущие фирмы ведут фундаментальные исследования процессов тепло- и массообмена. ИТ СО РАН имеет существенный задел для решения данных задач.</p>	<p>модификации поверхности материалов.</p> <p>Выявление закономерностей процессов ламинарно-турбулентных переходов на модельных фронтах кристаллизации. Результаты численных исследований конвективного теплообмена в условиях близких к экспериментальным; процессов радиационно-конвективной теплоотдачи от кристаллов различной теплопроводности и длины и их влияние на поля температуры и градиенты температуры в кристаллах. Альтернативные энергоэффективные способы получения кремния солнечного качества. Результаты будут востребованы для замещения импорта пластин кремния для микроэлектроники, монокристаллов для силовой электроники, поликристаллического кремния, для создания отечественного производства с экспортным потенциалом.</p>
<p>3. Теплофизические проблемы переработки и сжигания органических топлив, в т.ч. применительно к газотурбинным установкам</p>		
<p>3.1. Развитие теплофизических основ энергоэффективных экологически безопасных технологий производства энергии с использованием различных</p>	<p>Теплоэнергетические технологии непрерывно совершенствуются на основе активно проводимых в мире исследований процессов переноса и химической кинетики, уровень которых определяется развитием науч-</p>	<p>Новые данные о процессах переноса и сложной пространственной структуры потоков, интегральных теплотехнических и экологических характеристик. Научное</p>

<p>видов органического топлива (физическое и математическое моделирование процессов переноса в химически реагирующих многокомпонентных и многофазных потоках в перспективных топочных и горелочных устройствах на органическом топливе, включая изучение принципиально новых технологий топливоподготовки (микродиспергирование, механоактивация и др.) и способов управления показателями сжигания нетрадиционных видов топлива, в том числе низкосортных углей, водоугольной суспензии, утилизируемых отходов углеобогащения и жидких углеводородных производственных отходов, композитного порошкового топлива из угля и отходов деревообрабатывающих, целлюлозно-бумажных производств и сельского хозяйства; исследование процессов воздушной, паровоздушной и электроплазменной газификации органических отходов).</p>	<p>но-методической и приборной базы, численного моделирования и вычислительной техники, и которые направлены на решение задач расширения сырьевой базы, повышения энергоэффективности и экологической безопасности технологий производства энергии за счет применения принципиально новых способов сжигания органического топлива.</p> <p>За последние 10-15 лет наблюдался чрезвычайно быстрый прогресс в развитии совместного использования материалов биомассы на угольных котельных. Такие технологии уже практикуются в коммерческих масштабах в США, Финляндии, Дании и других странах. В настоящее время более 150 угольных электростанций в мире мощностью 50 – 700 МВт имеют опыт совместного сжигания угля с биомассой.</p> <p>Одним из лидеров в области управления отходами, особенно в использовании мусора для производства энергии, на сегодняшний день является Швеция. Подсчитано, что из 4 тонн отходов можно получить столько же энергии, сколько дает 1 тонна нефти.</p> <p>В настоящее время утилизация отходов с помощью плазменной технологии является одной из максимально безопасных методик, основной недостаток которой – очень низкий ресурс работы электродов плазмотронов (до 100 ч). В России плазменные установки для утилизации отходов не используют. Существуют лишь единичные экземпляры экспериментальных образцов плазменных установок для переработки отходов различной степени опасности.</p> <p>ИТ СО РАН находится на передовых позициях в решении данных задач.</p>	<p>обоснование новых конструктивных решений для создания перспективных топочно-горелочных устройств, а также способов топливоподготовки и управления показателями сжигания нетрадиционных видов органического топлива за счет применения закрученных потоков, рециркуляции продуктов горения, стадийного сжигания, СВЧ-нагрева, микродиспергирования, механоактивации, диспергирования водоугольных суспензий и жидких углеводородов перегретым водяным паром и др. Система детектирования режимов и управления технологическими процессами сжигания топлива на теплоэлектростанциях на базе нейронной сети. Основы технологии механохимического получения и последующего сжигания отходов деревообрабатывающих, целлюлозно-бумажных производств и сельского хозяйства. Технические решения по воздушной и паровоздушной потоковой газификации механоактивированного угольного топлива с целью разработки перспективной парогазовой установки с внутрицикловой газификацией. База данных об особенностях факельной газификации и горения пылеугольного топлива для разработки более эффективных и экологически безопасных технологий сжигания угольного топлива. Технические решения по использованию и переработке углеродосодержащих техногенных отходов на основе механохимической и плазменной активации, а также двухступенчатой системы сжигания и газификации топлив. Ос-</p>
---	--	--

		<p>новы технологии получения высококалорийного топливного газа (синтез-газа) на базе методов плазменной газификации. Решения по повышению эффективности электродуговых плазмотронов за счет увеличения длительности ресурса работы электродов.</p>
<p>3.2. Исследование процессов в газотурбинных установках (развитие методов численного моделирования тепломассопереноса, фазовых превращений, смещения и горения в энергетическом оборудовании с учетом нестационарности, двухфазности, особенностей химического реагирования; разработка методов адаптивного управления каноническими турбулентными течениями с целью более глубокого понимания механизмов взаимодействия турбулентных потоков с внешними управляющими воздействиями с адаптивной формой управляющего сигнала, в т.ч.: локальный вдув/отсос, акустические возмущения, переменное электрическое поле; исследование нестационарных процессов смесеобразования и горения в камерах сгорания газовых турбин, в том числе при повышенном давлении, температуре и числах Рейнольдса, близких к натурным, с целью повышения эффективности и снижения вредных выбросов; физическое и математическое моделирование диспергирования жидкого топлива в форсуноч-</p>	<p>Главным мировым трендом в области сжигания органического топлива в настоящее время является использование парогазовых установок (ПГУ) с комбинированным циклом и газотурбинных установок (ГТУ) в чистом виде для покрытия пиковых нагрузок. Так, в США установленные мощности ПГУ в теплоэнергетике составляют более 60-70%, а в некоторых странах – и до 90%. В ближайшие годы КПД комбинированных циклов достигнет рекордных 65%, а проекты совместного использования ГТУ с топливными элементами предусматривают повышение КПД при сжигании органического топлива до 80%. Основными научными проблемами, которые необходимо решить для достижения конкурентоспособности при производстве ГТУ – это повышение рабочих температур в камерах сгорания с сопутствующим решением задач оптимизации охлаждения лопаток турбин, с одновременным снижением эмиссии вредных выбросов. Исследованиями в данной области занимаются во многих научных, научно-производственных и образовательных организациях: ОДК, ЦИАМ, ЦАГИ, ПАО «Силловые машины», Institute of Combustion Technology (Штутгарт, Германия), Aerospace Center (DLR) (Кёльн, Германия), R&D департаменты крупнейших производителей турбин и двигателей – Siemens, Rolls-Royce, GE, NASA, JAXA, ONERA, Mitsubishi Heavy Industries и др. С многими исследовательскими центрами у ИТ СО РАН имеются давние и плодотворные научные связи.</p>	<p>Предложения по оптимизации горелочных устройств и процессов сжигания топлива в ГТУ и ГТД. Внедрение методов диагностики для контроля работы энергетического оборудования. Методика управления расходом жидкости (топлива) для снижения влияния термоакустических колебаний в камерах сгорания. Адаптивные методы управления распылом на основе точечных и панорамных измерений его характеристик. Комплексные данные для разработки новых концепций низкоэмиссионных энергоэффективных камер сгорания для ГТУ и ГТД.</p>

<p>ных устройствах, в том числе в условиях нестационарной работы).</p>		
<p>3.3. Разработка бесконтактных оптических экспериментальных методов диагностики для энергетики, оборонной промышленности и транспорта:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы восстановления полей скоростей, давлений и температур в многофазных потоках и пламенах; - методы измерения распределений давления и температуры на поверхности моделей в высокоскоростных потоках; - методы исследования газочапельных течений, в том числе для диагностики факела распыла топливных форсунок. 	<p>В ведущих мировых центрах исследования скоростных, температурных полей, полей концентрации компонент в реагирующих потоках, полей давления проводятся с использованием целого ряда методов, к которым относятся лазерные методы, основанные на явлениях рассеяния, поглощения и флуоресценции при прохождении лазерного излучения через исследуемую среду, такие как анемометрия по изображениям частиц, в том числе в томографической реализации, голографическая интерферометрия, лазерно-индуцированная флуоресценция (LIF), свободное комбинационное рассеяние, диодно-лазерная спектрометрия (TDLAS) и пр. Один из перспективных подходов, основанный на фиксации изменений коэффициента преломления газовой смеси (восстановление полей температур в пламенах с помощью формирования изображений исследуемой плоскости или объема) развивается в ИТ СО РАН и позволяет использовать достаточно простые экспериментальные установки, способные давать информацию о динамике пространственной конфигурации областей тепловыделения. Методы измерения полей давления и полей температуры на основе люминесцентных преобразователей давления представляют интерес, поскольку являются бесконтактными, имеют высокое пространственное и (в некоторых случаях) временное разрешение. Основной практический интерес связан с их применением в наземных испытаниях ракетно-космической техники и летательных аппаратов. В настоящее время методы активно развиваются в США (NASA), Европе (центрах ONERA, DLR) и Японии. В России такие технологии развивались в ЦАГИ и ИТПМ СО РАН, однако в настоящее время объем исследований существенно сократился, а на рынке отсутствуют готовые решения</p>	<p>Новые оптические информационные технологии диагностики и контроля пламен, газовых и конденсированных сред. Методики восстановления полей скоростей, давлений и температур в многофазных потоках и пламенах с помощью формирования изображений исследуемой плоскости или объема, основанные на фиксации изменений коэффициента преломления газовой смеси и анализа трассерных картин. Методики одновременной регистрации температуры и давления на поверхности на основе люминесцентных преобразователей давления/температуры. Адаптация методов компьютерного зрения для проведения диагностики на объектах в динамике. Методы количественной диагностики распределений концентраций жидкости на основе лазерно-индуцированной флуоресценции. Методы диагностики пространственных распределений размеров капельной фазы на основе регистрации лазерно-индуцированной флуоресценции и рассеянного на каплях лазерного излучения. Подходы для проведения диагностики распыла на основе лазерно-индуцированной флуоресценции в газочапельных потоках с интенсивным испарением жидкой фазы.</p>

	<p>российского производства. Западные аналоги для российского рынка практически недоступны в связи с ограничениями на их использование для ОПК.</p> <p>Несмотря на активно ведущиеся различными исследовательскими группами по всему миру работы по диагностике распыла жидкостей форсунками и наличие ряда публикаций, предлагающих ту или иную конфигурацию измерительной системы, на данный момент коммерчески доступными являются лишь несколько достаточно сложных в использовании приборов лабораторного класса, предназначенные для этих задач. При этом в мировой практике до сих пор нет ни общепринятых технических регламентов, ни утвержденных протоколов испытаний подобных приборов, так как не существует универсального подхода для диагностики таких течений.</p> <p>Развитие оптических бесконтактных технологий диагностики в настоящее время происходит во всем мире. Институт теплофизики СО РАН по данному направлению является одним из лидеров.</p>	
<p>3.4 Развитие методов бесконтактного многопараметрического мониторинга трехмерных геометрических параметров и мультимодальных вынужденных колебаний энергетических установок</p>	<p>Оптико-электронные многопараметрические триангуляционные методы стали активно развиваться с развитием полупроводниковых лазерных технологий, широким распространением цифровой электроники и компьютеров. Развита методика как для промышленных, так и для научных применений. В существующих разработках триангуляционные методы применяют в специфических условиях, близких к лабораторным.</p> <p>К мировым конкурентам относятся ряд коммерческих организаций: Autech, Rtticon и др. (США), Siemens, Schneider и др. (Германия), Leica Geosystems (Швейцария), ВНИИА, ВНИИМЕТ-МАШ и др. (Россия).</p> <p>За прикладные исследования в направлениях, отмеченных в пп. 3.3 и 3.4, ряд сотрудников ИТ СО РАН удостоен Премий Правительства РФ в 2014 и 2016 годах.</p>	<p>Методы мониторинга трехмерных геометрических параметров и мультимодальных вынужденных колебаний энергоустановок в условиях технологических ограничений, высоких температур, динамических помех. Методы диагностики газонасыщенных (в том числе с кавитацией) и закрученных потоков.</p>

<p>3.5. Разработка методики физико-химических исследований конверсии низкосортных топлив и утилизации промышленных и бытовых отходов в сверхкритических водных флюидах, получение экспериментальных и теоретических данных, обеспечивающих создание пилотных установок.</p>	<p>Использование сверхкритических водных флюидов (СКВФ) в качестве активной среды для улучшения традиционных видов топлива и утилизации промышленных сельскохозяйственных и бытовых отходов привлекает все более широкое внимание, что связано с уникальными свойствами СКВФ. В большинстве стран проводятся исследования и имеются отдельные примеры создания промышленных установок с использованием СКВФ для газификации и сжигания различных видов топлива. В этих исследованиях ИТ СО РАН пока занимает лидирующие позиции. На базе, полученных в Институте результатов, предложена, в частности, новая концепция развития топливной энергетики, основанная на сжигании топлив непосредственно в теплоносителе (сверхкритической воде).</p>	<p>Фундаментальные данные о механизмах и кинетике превращения различных видов топлива в СКВФ. Технические решения в виде экспериментальных установок по реализации энергосберегающих и экологически чистых процессов конверсии и сжигания органосодержащих веществ.</p>
<p>4. Теплофизика мини-, микро- и наноразмерных систем</p>		
<p>4.1. Разработка научных основ нового поколения энергетических и энергосберегающих технологий (применение мини-, микро- и мезоканалов с размерами от 1 мм до 5 мкм; системы охлаждения и термостабилизации электронной, микроэлектронной и светодиодной техники с использованием тонких слоев жидкости, увлекаемых потоком газа; использование динамических линий контакта газ-жидкость-твердое тело; микро- и наноструктурированные теплообменные поверхности, гидрофильные/гидрофобные и бифильные поверхности и покрытия, поверхностей с градиентной смачиваемостью; экспериментальное и расчетное установление закономерностей теплообмена при кипении, испа-</p>	<p>Главными мировыми трендами в области создания высокоэффективных систем охлаждения и термостабилизации электронного и микроэлектронного оборудования является переход от однофазных систем к двухфазным, т.е. с испарением, кипением и конденсацией, а также – разработка микро- и наноструктурированных теплообменных поверхностей. Тепловой поток на чипах компьютеров может в среднем составлять до 150-200 Вт/см², в то время как локальный тепловой поток в отдельных областях, так называемых «горячих зонах», может быть 1 кВт/см² и выше. Для решения проблем охлаждения и термостабилизации современных электронных устройств в последнее десятилетие складывается новое направление: энергетика микро- и микросистем с активным использованием мини-, микро- и мезо- каналов с поперечными размерами от 1 мм до 5 мкм. Признанными лидерами в создании систем охлаждения электронного оборудования являются компании из США (IBM, BAE Systems, Lockheed Martin и</p>	<p>Новые технические решения для энергоэффективных двухфазных теплообменных аппаратов на основе мини-, микро- и мезоканалов с размерами от 1 мм до 5 мкм. Основы новых энергоэффективных систем охлаждения и термостабилизации электронной, микроэлектронной и светодиодной техники с использованием тонких слоев жидкости, увлекаемых потоком газа и предельными тепловыми потоками более 1 кВт/см². Новые подходы для решения проблемы существенного повышения энергоэффективности процессов тепло и массообмена в двухфазных системах с использованием динамических линий контакта газ-жидкость-твердое тело. Научные основы интенсификации процессов переноса с использованием микро- и нанопокровтий в том числе супергидрофобных</p>

<p>рении и спрейном орошении; микрокапиллярная гидродинамика и тепло-массообмен в одно- и двухкомпонентных течениях жидкости исследование фильтрации флюидов с микро- и наночастицами в пористой среде).</p>	<p>др.) и Китайская компания Huawei, а кроме того, ряд университетов США (MIT, Georgia Institute of Technology, Rensselaer Polytechnic Institute и др.). Ряд физико-технических решений, предложенных в последние годы в ИТ СО РАН, находится на абсолютно конкурентных позициях в мировом поле. Сотрудники ИТ СО РАН обладают необходимым опытом решения подобных задач.</p>	<p>и бифильных поверхностей, а также поверхностей с градиентной смачиваемостью. Предложения по интенсификации теплообмена и повышению критического теплового потока при различных законах тепловыделения. Выявление влияния ПАВ и структурированной стенки (лазерная и механическая обработка) на интенсификацию теплообмена и испарение капель. Новые экспериментальные данные по гидродинамике и теплообмену в круглых и кольцевых каналах, заполненных зернистой средой при фильтрации жидкостей, в микромиксерах, микрореакторах, микроэкстракторах. Закономерности фильтрации флюидов с микро- и наночастицами в пористой среде. Результаты исследований найдут применение в аппаратах энергетики, холодильной и криогенной техники, системах охлаждения электронного оборудования.</p>
<p>4.2. Исследования неравновесных процессов в разреженном газе и плазме (плазменно-дуговой синтез наноразмерных структур; осаждение наноструктур из газовой фазы с использованием горячепроволочной активации и лазерной абляции; исследования высокоскоростных, дозвуковых и сверхзвуковых потоков плазмы СВЧ разрядов; разработка и создание лабораторных моделей реакторов для синтеза перспективных материалов, в частности, для синтеза алмаза, обладающих превосходящими свойствами по теп-</p>	<p>Вакуумные технологии нашли широкое применение в области физических методов синтеза новых материалов, в частности – для синтеза алмазных структур. В мире известны многочисленные коллективы, занимающиеся фундаментальными исследованиями и практическими приложениями в области осаждения алмазных структур. По приближенным оценкам число таких лабораторий насчитывается в США более 30, Китае - 10, Англии - 9. Активные группы есть в Японии, Германии, Голландии и других странах. Среди большого числа мировых конкурентов в создании нового поколения солнечных элементов ИТ СО РАН имеет свою нишу. Разработан метод газоструйного химического осаждения с активацией электронно-</p>	<p>Метод лазерного отжига аморфных пленок субоксида кремния с целью получения двухфазных пленок, которые состоят из кремниевых нанокристаллов и диэлектрической матрицы и могут быть использованы в солнечных элементах в качестве основных светопоглощающих слоев. Новые подходы и технические решения в области синтеза веществ с новыми уникальными свойствами.</p>

лопроводности, твёрдости, оптическим свойствам, биосовместимости).	пучковой плазмой пленок кремния для синтеза наноструктурированных солнечных элементов.	
4.3. Развитие экспериментальных методов синтеза наноструктурированных комплексов различных элементов с углеродом (создание теоретической модели электродугового распыления и конденсации материалов в графитовой дуге; развитие экспериментальных методов синтеза каталитических нанок комплексов на основе углерода и металлических наночастиц, материалов на основе углерода и металлических наночастиц для создания электродов химических источников тока).	В настоящее время графитовая дуга используется для синтеза фуллеренов, углеродных нанотрубок, и наночастиц различных элементов. Количество групп, ориентированных на синтез наночастиц в углеродной матрице, до недавнего времени было не более пяти в мире. ИТ СО РАН в данном направлении занимает лидирующее положение в России и уверенные позиции в мире.	Технические решения для синтеза композитных материалов для каталитических приложений, таких как окисление выхлопных газов, переработка нефтепродуктов и т.д. Основы технологии производства электродов для химических источников тока на основе углеродных наноматериалов с различной степенью графитизации и металлических наночастиц. Новые керамические наноматериалы и их свойства.
4.4. Развитие научных основ производства функциональных элементов на основе графена, полученного методом газофазного осаждения (развитие методов синтеза монокристалла графена сантиметрового масштаба; исследование сенсорных свойств материалов на основе графена по отношению к составу внешней атмосферы; исследование резистивных свойств графеновых покрытий по отношению к окислению и водородному охрупчиванию).	В настоящее время исследованиями графеновых материалов занимается большое количество групп в России и за рубежом. Уровень Российских исследований соответствует мировому, наиболее известные российские группы представлены исследователями из МГУ, НИЦ Курчатовский институт, ФТИ им. Иоффе РАН, ИФП СО РАН, ИТ СО РАН, ИНХ СО РАН.	Основы технологии синтеза монокристалла графена сантиметрового масштаба и создания чувствительных матриц на основе графена для газовых сенсоров. Научные основы технологии нанесения защитных графеновых покрытий на различные поверхности.
4.5. Разработка методов синтеза новых гибридных и композитных наноматериалов с использованием двух базовых подходов: воздействия лазерного излучения на вещество (лазерная абляция) и применения наноразмерных модификаторов (выявление эволюции вещества от поглощения энергии до	Ключевым моментом создания и внедрения гибридных и композитных систем (сложного состава, гибридной морфологии, с включениями наночастиц разного сорта) является тот факт, что такие материалы проявляет особые, зачастую уникальные свойства, а их функциональные характеристики качественно и количественно отличаются от свойств образующих их компонентов. При этом эффект кардинального изменения функцио-	Основы синтеза гибридных наноструктурных материалов с новыми функциональными свойствами при воздействии лазерного излучения на вещество и введении наночастиц. Определение специфических «ниш» применения развиваемых методов получения гибридных наноструктурных материалов в технологиче-

<p>формирования наноматериала с новыми функциональными свойствами: механическими, оптическими, электрическими, каталитическими; исследование процессов переноса наночастиц, включая одностенные углеродные нанотрубки, и их распределения в матрице модифицируемых материалов; исследование механизмов влияния наноразмерных добавок на свойства формируемых гибридных и композитных систем и поиск возможностей улучшения свойств «обычных» материалов путем введения в них синтезированных наночастиц).</p>	<p>нальных характеристик исходного вещества достигается при введении малых добавок наномодификаторов. Системное изучение процессов формирования наноструктур при реализации метода лазерной абляции, а также выявления механизмов, определяющих изменение свойств материалов при введении получаемых наночастиц в матрицу исходного вещества, послужат основой создания эффективных технологий получения новых гибридных и нанокompозитных материалов для энергетики, электроники, аэрокосмической техники, катализа.</p>	<p>ских процессах и установках, в том числе в энергетике, микро- и наноэлектронике, аэрокосмической технике, катализе.</p>
<p>5. Научные основы повышения энергоэффективности технологических процессов, установок и аппаратов, в т.ч. в энергетике, аэрокосмической технике, химических технологиях и электронике</p>		
<p>5.1. Разработка новых подходов к созданию функциональных покрытий для снижения гидродинамического трения при движении тел в воде, основанных на использовании многослойных покрытий с существенно различающимися вязкоупругими свойствами, экспериментальное установление закономерностей снижения гидродинамического сопротивления при турбулентном течении для таких покрытий, разработка методов расчета их динамической податливости.</p>	<p>Одной из важнейших проблем энергетики является снижение гидродинамического трения при турбулентном течении, что может быть достигнуто при использовании податливых покрытий. Работ, посвященных изучению воздействия податливых покрытий на структуру турбулентного течения, крайне недостаточно, что связано с большей сложностью экспериментального изучения данного явления. Эксперименты, в основном, проводились с мягкими покрытиями и их динамические свойства не определялись (Bushnell; Gad-el-Hak). В определенной степени это связано с трудностями в разработке эффективных вязкоупругих покрытий, на основе которых может быть получено значительное уменьшение гидродинамического трения.</p>	<p>Экспериментальные данные о снижении гидродинамического сопротивления при турбулентном обтекании тел с многослойными вязкоупругими покрытиями, разработка методов расчета динамической податливости покрытий. Новые технические решения для снижения гидродинамического трения при движении тел в воде.</p>
<p>5.2. Разработка новых перспективных типов теплообменных поверхностей применительно к созданию высокоэффективных теплообменных аппара-</p>	<p>Исследования и разработка современных методов интенсификации теплообмена и повышения критического теплового потока при кипении и испарении в различных гидродинамических условиях (кипение в большом</p>	<p>Новые способы повышения эффективности теплообмена и обеспечения устойчивой и безопасной работы энергетического оборудования, аппаратов в атомной, хи-</p>

<p>ратов различного назначения (моделирование и экспериментальные исследования гидродинамики при пленочном орошении пакетов горизонтальных и наклонных труб, в т. ч. спиральных теплообменников для ожижения природного газа; разработка методов интенсификации межфазного теплообмена и эффективности разделения смесей при дистилляции в промышленных крупномасштабных разделительных колоннах со структурированными насадками различной геометрии).</p>	<p>объеме, кипение и испарение при пленочных течениях жидкостей и их смесей, в тонких горизонтальных слоях жидкостей, при вынужденном течении в каналах и мини-микроканалах) интенсивно развиваются в ведущих мировых университетах, научных центрах и профильных промышленных компаниях, в первую очередь, в США, Германии, Китае, Корее, Японии, Польше, Канаде, Индии. Среди ведущих организаций, в которых проводятся наиболее крупные исследования в данной области, следует отметить MIT (США), Xi'an Jiaotong University (Китай), Tianjin University (TJU, Китай), Indian Institute of Technology (Индия), ФГБОУ ВПО Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, НИУ Московский энергетический университет, компании Huawei (Китай) и Air Products and Chemicals, Inc., США.</p>	<p>мической, криогенной промышленности, теплонасосной технике, в системах охлаждения в электронной промышленности, для ожижения природного газа и т. д. Новая экспериментальная информация по эффективности разделения смесей, гидравлическим потерям и взаимосвязанным параметрам распределения параметров потоков в структурированных насадках в дистилляционных колоннах различного диаметра при заданных условиях орошения на входе. Новые методы расчета эффективности разделения смесей в крупномасштабных дистилляционных колоннах со структурированными насадками.</p>
<p>5.3. Развитие фундаментальных основ интенсификации и подавления теплообмена (теплозащиты) в пристенных турбулентных течениях в элементах энергетического оборудования (пассивные способы интенсификации теплоотдачи с помощью вихрегенераторов; пристенные газовые и газожидкостные завесы, включая многокомпонентные и наножидкости; активное управление пограничным слоем, применение перспективных термобарьерных покрытий).</p>	<p>История исследований процессов интенсификации и подавления теплообмена (теплозащиты) насчитывает практически полтора столетия и в этот процесс, помимо СССР, большой вклад был внесен учеными и инженерами США, Японии, Германии. В последние годы особая активность данного направления отмечается в странах Юго-Восточной Азии, прежде всего КНР. Среди центров мирового уровня в области интенсификации – Национальные лаборатории университетов Сианя, Синьхуа, Даляня. Чрезвычайно востребованным данное направление является и в России. Прежде всего, это относится к разработке теплообменников тепловой и ядерной энергетики, авиационно-космических систем. Среди большого числа способов защиты рабочих поверхностей от воздействия высокотемпературных и химически агрессивных потоков наибольшее распространение получили газодинамические методы (пристенные струи и газовые завесы). В последние 10-15 лет отмечается переход к методам за-</p>	<p>Новые экспериментальные данные о свойствах прекурсоров и термохимических процессах при формировании термобарьерных и функциональных покрытий методами осаждения из газовой фазы (MO CVD, NP CVD, LA CVD). Новые модели и инженерные методики расчёта теплообмена при нанесении покрытий и в условиях эксплуатации изделий с покрытиями. Новые технические решения в области управления теплопереносом в энергетическом оборудовании (тепловая защита стенок камер сгорания энергоустановок) и аэрокосмической технике (тепловая защита поверхностей возвращаемых космических аппаратов).</p>

	<p>щиты поверхностей, использующим новые знания о природе крупномасштабной турбулентности, ее модификации с помощью вихрегенераторов, вдува газа через систему углублений-каверн, образования устойчивых парных вихрей и др.</p> <p>ИТ СО РАН имеет длительные деловые связи с ведущими центрами в области тепловых процессов, такими как ООО Турбокон, ВТИ, АО НИКИЭТ им. Н.А. Доллежаля, НПО Гидропресс и др. В проработке и обосновании новых методов защиты рабочих поверхностей имеется большой интерес со стороны КБ им. Н.Д. Кузнецова, КБ Сатурн, ОКБ им. А.М. Люльки и др.</p>	
5.4. Нестационарный тепломассообмен в вакууме (процессы тепломассопереноса в пористых влажных средах при резком падении давления; вакуумная дезинтеграция влажных объектов).	<p>Исследование процессов тепломассопереноса в пористых влажных средах при резком падении давления имеет большие перспективы для практического использования вакуумного воздействия на различные объекты, включая биологические. Это направление является новым, а ИТ СО РАН является в нем лидером.</p>	<p>Новые экспериментальные данные по процессам тепломассообмена во влагосодержащих объектах в вакууме.</p>
5.5. Научные исследования, направленные на разработку экологически безопасных двигателей для малых космических аппаратов (экология космического пространства).	<p>В ИТ СО РАН начаты исследовательские работы по использованию СВЧ энергии для создания космических двигателей. Это направление исследований только зарождается, но уже сейчас в мире есть конкуренты США, Китай. ИТ СО РАН имеет потенциал стать лидером в данном направлении.</p>	<p>Основы создания экологически безопасных двигателей для малых космических аппаратов, перспективных схем двигателей для космического транспорта, использующих энергию СВЧ излучения с различными рабочими телами (вода, аммиак и др.).</p> <p>Способы снижения загрязняющего воздействия струй двигателей управления на элементы внешних конструкций космических аппаратов; очистки околоземного пространства от космического мусора.</p>
5.6. Исследование фундаментальных закономерностей в процессах энерго- и массопереноса с учётом взаимодействия между дисперсной и гомогенной фазами, включая закрученные и вихревые потоки, применительно к созда-	<p>Исследование закрученных и вихревых потоков в ИТ СО РАН ведется на передовом мировом уровне и во взаимодействии с рядом зарубежных научных коллективов из Дании, Канады, Японии, Франции и других стран. Одним из свидетельств признания лидирующих позиций ИТ СО РАН стало проведение в последние го-</p>	<p>Технические решения для создания тепломассообменных аппаратов нового поколения, включая аппараты с псевдооживленным дисперсным слоем, которые находят применение в качестве сублиматоров в технологиях CVD, в каталитических</p>

<p>нию тепломассообменных аппаратов нового поколения, включая аппараты с псевдооживленным дисперсным слоем.</p>	<p>ды двух международных конференций по вихревой тематике, а также 6-й Всероссийской конференции с международным участием «Тепломассообмен и гидродинамика в закрученных потоках». За прикладные исследования в данном направлении ряд сотрудников ИТ СО РАН удостоен Премии Правительства РФ (2012 год).</p>	<p>реакторах для нефтегазовой промышленности, в сельскохозяйственном производстве и др.</p>
<p>5.7. Повышение эффективности теплопереноса в наземной и аэрокосмической технике.</p>	<p>Тепловые трубы могут работать в широком диапазоне температур: от криогенных (исследования в институте CEA, Grenoble, France) вплоть до температур плавления металлов (например, цинк в качестве теплоносителя в керамических тепловых трубках исследуется в Technische Universität Dresden). Исследования совместимости разных материалов и рабочих жидкостей проведены в Lund University. Процессы, происходящие в замкнутых тепловых трубках применительно к миниатюрным спутникам, исследуются в NASA. Процессы в пульсационных тепловых трубах исследуются в Institute of Engineering Mechanics and Systems, Tsukuba, Japan; Universität Stuttgart; Indian Institute of Technology Kanpur и др. В России проводятся исследования по тепловым трубам в ряде организаций: НИИ им. С.А. Лавочкина, НИТУ МИСиС, МЭИ, «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» и др. Контурные тепловые трубы были впервые созданы в ИТ УрО РАН. Замкнутые тепловые трубы в настоящее время эксплуатируются на отечественных космических аппаратах.</p>	<p>Основы создания развитой поверхности внутри испарителя и конденсатора для наиболее эффективной работы тепловых труб разного типа. Данные по теплопередающей способности тепловых труб в зависимости от материала, из которого изготовлено устройство, теплоносителя, типа заполняемой структуры внутри теплопередающего устройства (пористое тело, микрорёбра, волокнистая структура). Численная 3D модель, описывающая процессы, происходящие в тепловых трубах разного типа. Инженерные методы позволяющие проектировать наиболее эффективные устройства для заданных условий эксплуатации. Прототипы эффективных теплопередающих устройств для наземного и космического применения на базе тепловых труб, замкнутых тепловых труб, пульсирующих тепловых труб и паровых камер.</p>
<p>6. Фундаментальные проблемы водородной энергетики, возобновляемой энергетики и энергосбережения</p>		
<p>6.1. Исследования в области теплосбережения в жилых и производственных зданиях (разработка нового класса воздухо-воздушных теплообменников циклического действия для утилизации тепла и холода вентиляционного воздуха; исследование нестационар-</p>	<p>Высокую эффективность для регенерации тепла и холода вентиляционного воздуха имеют аппараты циклического действия. Известны эффективные конструкции вращающихся теплообменников из неметаллических материалов. Применение сорбирующих материалов или специальных сорбирующих покрытий на поверхностях вращающихся регенеративных теплообменни-</p>	<p>Лабораторные образцы высокоэффективных воздухо-воздушных рекуперативных теплообменников периодического действия с переменным направлением воздушного потока. Новая методика расчета коэффициента теплоотдачи для рабочих тел с неизотермичностью фазового перехода.</p>

<p>ных процессов тепло- и массообмена в реверсивных режимах течения влажного воздуха; исследования совместного тепло и влагопереноса в пористых материалах; разработка модели энергоэффективного малоэтажного дома с применением возобновляемых источников энергии и методов аккумуляции тепла и холода).</p>	<p>ков позволяет осуществить в таких аппаратах не только теплообмен, но и влагообмен между воздушными потоками. В ИТ СО РАН проведены экспериментальные исследования, показавшие высокую эффективность данного типа теплообменников и создан хороший теоретический задел в виде разработанных и апробированных расчетных моделей для их оптимизации. Данный класс теплообменных устройств позволяет решать важные задачи, связанные с энергосберегающей вентиляцией жилых и производственных зданий. Положительный опыт создания домов-лабораторий накоплен в Канаде. В ИТ СО РАН имеется значительный задел по разработке элементов энергоэффективного дома.</p>	<p>Основы новой энергосберегающей технологии поддержания микроклимата в зданиях на основе использования адсорбента (технология ориентирована на холодные регионы России). Основы разработки новых фасадных систем утепления вновь строящихся и реконструируемых зданий на основе панелей с вентилируемыми каналами. Типовые проекты малоэтажных энергоэффективных домов для различных климатических зон России.</p>
<p>6.2. Математическое и физическое моделирование нестационарных вихревых, кавитационных и гидроакустических процессов в проточных частях гидротурбин, выработка предложения по совершенствованию гидротурбинного и гидроаккумулирующего оборудования.</p>	<p>Признанным лидером в вопросах нестационарных вихревых, кавитационных и резонансных явлений в гидроагрегатах является Лаборатория гидравлических машин (EPFL, Лозанна, Швейцария), которая располагает, по видимому, лучшими в мире исследовательскими экспериментальными стендами для изучения данных явлений. Преимущества участников данного проекта заключаются в приоритетных достижениях в области изучения вихревой структуры закрученных потоков, которая играет ключевую роль в процессах, имеющих место в следе за рабочим колесом гидротурбины.</p>	<p>Новые подходы к расширению диапазона устойчивой работы гидротурбинного и гидроаккумулирующего оборудования за счёт управления неблагоприятными явлениями в потоке.</p>
<p>6.3. Повышение энергетической эффективности и конкурентоспособности существующих и разработка новых типов абсорбционных бромистолитиевых (АБТТ) и парокомпрессионных термотрансформаторов (ПКТТ).</p>	<p>Основные назначения АБТТ: генерация искусственного холода и утилизация низкопотенциального техногенного тепла. Оптимизацией процессов, рабочих циклов и конструкций АБТТ занимаются научно-исследовательские институты (центры), и ведущие мировые корпорации, такие как “Broad”, “Shuangliang” (Китай), “Sanyo”, “Ebara” (Япония), “Carrier”, “Trane”, “York” (США) и др. Мировой опыт мало пригоден для условий России в связи с низкой среднегодовой температурой в большинстве регионов. В настоящее время в России существует единственный коллектив, создан-</p>	<p>Научный задел развития АБТТ с двухступенчатой абсорбцией, что позволит осуществлять подогрев обратной сетевой воды отопления за счет утилизации сбросного техногенного тепла и получение отрицательных температур хладоносителя для технологического охлаждения в станционной и малой распределённой энергетике, а также в процессах пищевых производств.</p>

	<p>ный на базе ИТ СО РАН совместно с ООО «ОКБ Теплосибмаш» (г. Новосибирск), осуществляющий полный жизненный цикл отечественных АБТТ: от разработки – до внедрения. Ведущими организациями, генерирующими знания в этой области, также являются: университет ИТМО (г. Санкт-Петербург), НГТУ (Новосибирск), АГТУ (г. Астрахань).</p>	
<p>6.4. Разработка теплофизических основ гео- и петротермальной энергетики.</p>	<p>Во многих ведущих странах мира таких, как США, Япония, Франция, Германия, Австралия и др. вопросам развития петротермальной энергетики придается большое значение, так как она может в достаточно близкой перспективе стать одним из основных источников энергии. Физическим моделированием теплообменных процессов за рубежом занимаются в ряде крупных организаций (например, MIT и Лос-Аламосская лаборатория в США). Сотрудники ИТ СО РАН обладают опытом решения подобных задач, включающим разработку и сопровождение первой в России и мире Паратунской ГеоЭС с бинарным циклом на Камчатке.</p>	<p>Научное обоснование перспективных технических решений для гео- и петротермальной энергетики.</p>
<p>6.5. Процессы образования и диссоциации газовых гидратов (исследование кинетики горения гидрата метана и двойных гидратов метана; экспериментальное и теоретическое исследование процессов тепломассообмена при синтезе и диссоциации газовых гидратов).</p>	<p>За последние годы во всем мире вырос интерес к газогидратам. Ранее большинство исследований было направлено на поиск методов предотвращения образования гидратов и предотвращения накопления твердой фазы в системах подземного и наземного оборудования на нефтегазовых месторождениях. В настоящее время акцент смещен на перспективы практического использования гидратов.</p>	<p>Выявление влияния кипения сжиженного гидратообразующего газа на процесс гидратообразования. Цифровая модель процесса гидратообразования в зависимости от начальных условий на основе нестационарной неизотермической модели синтеза и диссоциации газовых гидратов.</p>
<p>6.6. Разработка научных основ водородных энергетических технологий (микро- и наноструктурированные каталитические реакторы-теплообменники нового поколения; экспериментальное и расчетное установление кинетики термохимических реакций паровой и</p>	<p>Разработка микро- и наноструктурированных теплообменных поверхностей является определяющей для создания нового поколения энергетических технологий. Такие исследования ведутся в ряде ведущих научных центрах: Rochester Institute of Technology, ENEA Casaccia TERM, Massachusetts Institute of Technology, Московский Энергетический Институт. Кинетика ре-</p>	<p>Основы водородных энергетических технологий, использующих каталитические реакторы-теплообменники нового поколения.</p>

<p>автотермальной конверсии, полного и неполного окисления углеводов и спиртов; синтеза Фишера-Тропша для получения жидкого топлива из синтез-газа и синтеза метанола).</p>	<p>акций в микроструктурных реакторах-теплообменниках применительно к водородной энергетике рассмотрена работах Storalak, O'Connor and Scsmidt 2000, Thonkovich 2004-2014 и др.</p>	
<p>7. Проблемы безопасности атомной энергетики</p>		
<p>7.1. Проведение цикла экспериментальных исследований термогидравлических процессов в устройствах, моделирующих элементы перспективных систем ядерной энергетики, включая исследование гидродинамической структуры однофазных и двухфазных потоков (системы вода-воздух и вода-пар) в каналах сложной геометрии с использованием контактных и оптических методов диагностики; исследование теплогидравлических процессов в элементах моделей реакторных установок с тяжелым жидкотеплоносителем; моделирование аварийных режимов работы реакторных установок с ТЖМТ.</p>	<p>Работы по моделированию и исследованию элементов энергоустановок с ТЖМТ проводятся в ведущих мировых центрах г. Карлсруэ (Германия), унив. г. Пиза (Италия), Унив. г. Кобе (Япония, Унив. г. Синьхуа (Китай) и др. Тем не менее, в доступных публикациях этих центров отсутствует детальная информация об условиях проведения экспериментов и полученных данных.</p> <p>Особенностью планируемого в ИТ СО РАН цикла исследований является использование экспериментальных моделей, которые полностью моделируют геометрию реальных элементов энергоустановок, разрабатываемых и используемых в организациях РОСАТОМА.</p>	<p>Массивы экспериментальных данных, которые будут использованы при верификации новых термогидравлических кодов, разрабатываемых в ведущих ядерных центрах России (ФЭИ, НИКИЭТ, ОКБ Африкантов, ИБРАЭ РАН).</p>
<p>7.2 Исследование газодинамики и теплообмена в компактных энергохимических реакторах с гелий-ксеноновым теплоносителем (влияние сжимаемости и диссипативных эффектов в узких каналах активной зоны и газовых коллекторах; законы подобия для газовых теплоносителей с малым числом Прандтля; крупномасштабные структуры и турбулентность в стесненных условиях и в условиях неизотермичности; диффузионные, термо-</p>	<p>Интерес к газовым реакторам возникает в связи с появлением задач, для которых реакторы на традиционных теплоносителях оказываются не применимы. Для замкнутых ГТУ смеси благородных газов, наилучшие из которых гелий-ксеноновые, при определённом составе позволяют на 7 % повысить интенсивность теплоотдачи в активной зоне и на 24-30% сократить количество ступеней в турбомашине. Применение гелий-ксеноновой смеси позволяет на 7-10% уменьшить массу реактора с некоторой потерей максимального КПД (Institute for Space and Nuclear Power Studies, USA). Экспериментальные исследования теплообмена в по-</p>	<p>Новые данные о структуре течения, механизмах развития турбулентности, тепловым и диффузионным процессам при течениях гелий-ксеноновых смесей в каналах с характерной для элементов энергохимических реакторов геометрией, полученные экспериментально и с использованием комплекса современных численных методов основанных на RANS и LES моделях турбулентности.</p> <p>Законы теплообмена, коэффициенты обмена между каналами в сборках различ-</p>

<p>бародиффузионные процессы в смесях с большим отношением молекулярных масс компонентов; особенности тепломассообмена в области критических параметров состояния ксенона).</p>	<p>токах газовых смесей с малым числом Прандтля (гелий-ксенон, водород-ксенон, гелий-аргон и др.) носят единичный характер и ограничены узким диапазоном чисел Рейнольдса и Маха. Исследования по обоснованию теплогидравлики реакторных установок на газовом теплоносителе с малым числом Прандтля актуальны для АО «Ордена Ленина НИКИЭТ имени Н.А. Доллежаля», ГНЦ РФ ФЭИ имени А. И. Лейпунского, НПО ЦКТИ им. И. И. Ползунова, организаций РОСАТОМА.</p>	<p>ной конфигурации (с учётом дистанционирующей навивки, случайных отклонений геометрических размеров ТВЭлов, деформации ТВЭлов, при отсутствии тепловыделения от одного или нескольких ТВЭлов) для расчёта интегрального теплообмена в широком диапазоне чисел Рейнольдса, параметра неизотермичности, числа Маха.</p> <p>Данные о крупномасштабных структурах и развитии турбулентности в стеснённых условиях при сильной неизотермичности потока гелий-ксеноновой смеси, полученные вихреразрешающими методами моделирования (LES, DNS).</p>
---	---	---

Основные ожидаемые результаты по итогам реализации научно-исследовательской программы обеспечат получение новых экспериментальных и теоретических данных, научное обоснование перспективных технических решений и технологий в следующих областях:

- управление тепломассопереносом в энергетическом оборудовании, химических технологиях, аэрокосмической технике и электронике;
- переработка и эффективное сжигание органических топлив, в том числе в газотурбинных установках нового поколения;
- солнечная энергетика, гидроэнергетика, гео- и петротермальная энергетика;
- повышение безопасности и надежности ГЭС, ТЭС и АЭС;
- энергосберегающие технологии, в т.ч., направленные на создание термотрансформаторов нового типа и утилизацию органических отходов;
- аккумулирование энергии, в том числе на базе развития технологий водородной энергетики и топливных элементов, гидравлических насос-турбин, новых методов синтеза и разложения газовых гидратов;
- передовая методическая и приборная база научных исследований;
- энергетические технологии для условий Арктики и других регионов России с холодным климатом.

Более детальное описание ожидаемых результатов исследований (с оценкой их значимости, достижимости и соответствия мировому уровню) приведено выше в таблице. Там же охарактеризована широкая область их возможного практического использования в социально-экономической сфере, охватывающая не только все направления энергетики, но также технологии транспортных систем, химической промышленности и других отраслей, для которых актуальны задачи повышения энергоэффективности и снижения материалоёмкости за счет использования новых рабочих тел и конструкционных материалов, способов управления процессами тепломассопереноса. Ожидаемые результаты являются в высокой степени конкурентоспособными, часть из них может быть использована в рамках программы импортозамещения. Данные по числовым показателям по публикационной активности и патентам представлены в Форме «Значения целевых показателей».

3.6. Потребители (заказчики)

Основными потенциальными потребителями результатов реализации научно-исследовательской программы являются организации и предприятия корпораций РУСГИДРО, РОСАТОМ, РОСКОСМОС, Силовые машины, Объединенная двигателестроительная корпорация, Объединенная авиастроительная корпорация, РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина, Информационные спутниковые системы им. академика Ф.М. Решетнева, Микран, Бийский котельный завод, ТВЭЛ, АО НИКИЭТ им. Н.А. Доллежала, ИБРАЭ РАН, Группа компаний КОТЭС, ВТИ, Криогенмаш, предприятия топливно-энергетического комплекса, Фонд перспективных исследований (в интересах силовых ведомств) и др. Среди потенциальных зарубежных потребителей компании: Air Products and Chemicals (США), Baker Hughes Oilfield Operations Inc. (США), BASF SE (Германия), De Core Science and Technology (Индия), Huawei (Китай), Gencell Ltd. (Израиль), Schlumberger (Франция), SIEMENS, Европейское космическое агентство и др.

РАЗДЕЛ 4. РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

Программа развития ИТ СО РАН включает комплекс мероприятий по развитию кадрового потенциала:

- повышение квалификационного уровня исследователей (работа аспирантуры, диссертационного совета, научных семинаров, поддержка участия в конференциях и стажировок в ведущих мировых научных центрах);
- организация всероссийских и международных конференций, в том числе молодежных;
- развитие мобильности ученых;
- укрепление кадрового потенциала Института молодыми специалистами и специалистами высшей квалификации;
- продолжение реализации мероприятий по созданию молодежных лабораторий, начатых в 2018 году в рамках национального проекта «Наука»;
- формирование и реализацию программы подготовки кадрового резерва ИТ СО РАН, включающую подготовку будущих руководителей исследовательских проектов, руководителей научно-исследовательских лабораторий, заместителей директора и директора;
- активизация деятельности Совета молодых ученых, расширение участия молодежи в управлении проектами и Институтом;
- проведение ежегодных конкурсов молодежных научных проектов в рамках государственного задания;
- укрепление связей с ВУЗами, прежде всего с Новосибирским государственным университетом, Новосибирским государственным техническим университетом, Сибирским федеральным университетом, Кузбасским государственным техническим университетом, Томским политехническим университетом, Томским государственным университетом посредством участия ИТ СО РАН в НОЦ мирового уровня, совместном выполнении научных проектов с организацией новых научных лабораторий, расширения сотрудничества в рамках выпускающих базовых кафедр (Институт имеет 7 базовых кафедр – в НГУ, НГТУ (2), КузГТУ (2), СФУ и АлтГТУ);
- разработка подходов и реализация программы инжиниринговой магистратуры по подготовке специалистов в области инновационной энергетики и теплофизики;
- осуществление системы мер материальной поддержки и стимулирования активности молодых научных сотрудников и инженерно-технических работников, включая аспирантов и магистрантов;
- содействие Института в решении социальных и бытовых проблем научной молодежи;
- программу «шефской помощи» работе Гимназии №3 г. Новосибирска.

ИТ СО РАН имеет лицензию на право ведения образовательной деятельности (№ 2658 от 05.04.2012 г.; срок действия лицензии – бессрочно); свидетельство о государственной аккредитации образовательной деятельности (№ 0798 от 19.07.2013 г.; срок действия – до

19.07.2019 г.). При ИТ СО РАН успешно функционирует диссертационный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук Д 003.053.01 по специальностям: 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника (по физико-математическим и техническим наукам); 01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы (по физико-математическим наукам).

Показатели развития кадрового потенциала. По состоянию на 01.01.2019 г. в ИТ СО РАН работают (включая совместителей) 517 человек. По возрасту сотрудники ИТ СО РАН распределены следующим образом: до 30 лет – 54 человека (10 %), 30-40 лет - 98 человек (19 %), 40-50 лет – 80 человек (16 %), 50-65 лет - 167 человек (32 %), свыше 65 лет – 118 человек (23 %). Из них научные сотрудники (включая руководителей – докторов и кандидатов наук) составляют 244 человека. По возрасту научные сотрудники ИТ СО РАН распределены следующим образом: до 30 лет – 37 человек (15 %), 30-40 лет - 74 человека (30 %), 40-50 лет – 29 человек (12 %), 50-65 лет - 53 человека (22 %), свыше 65 лет – 51 человек (21 %). В составе научного коллектива 66 докторов наук. По возрастной структуре до 40 лет – 2 человека, от 40 до 50 лет – 6 человек, от 50 до 65 лет – 26 человек, свыше 65 лет – 32 человека. Кандидатов наук в составе научного коллектива 110 человек. По возрастной структуре 2 к.н. моложе 30 лет, от 30 до 40 лет – 47 человек, от 40 до 50 лет – 19 человек, от 50 до 65 лет – 26 человек, свыше 65 лет – 16 человек.

Качественное улучшение кадрового состава будет осуществляться за счет привлечения молодых специалистов из аспирантуры и магистратуры вузов. Развитие существующего кадрового состава будет осуществляться через интенсивную подготовку кадров высшей квалификации через аспирантуру, с акцентом на подготовку кандидатов наук в возрасте до 35 лет и докторов наук в возрасте до 40 лет. В 2020 - 2024 гг. планируется подготовить не менее 25 кандидатов наук, из них в возрасте до 35 лет – не менее 20 человек. Главным в кадровой политике ИТ СО РАН является также подготовка и омоложение корпуса докторов наук. В 2020 - 2024 гг. должно быть подготовлено не менее 12 докторов наук, из них в возрасте до 40 лет – не менее 6 человек.

Показатели внутрироссийской и международной мобильности ученых. Ежегодно в ИТ СО РАН проходят стажировку или работают во временных коллективах до 10 российских и 2 – 3 зарубежных ученых. До 20 сотрудников ИТ СО РАН выезжают за рубеж или в российские научные центры на стажировки, по программам обмена опытом, для выполнения совместных проектов и т.п. В ИТ СО РАН имеется Красноярский филиал, в котором на постоянной основе или по совместительству работают до 15 сотрудников в год. Имеется практика трудоустройства научных сотрудников, проживающих в других городах, на дистанционную форму работы.

РАЗДЕЛ 5. РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ

5.1. Краткий анализ соответствия имеющейся научно-исследовательской инфраструктуры организации научно-исследовательской программе

По состоянию на 01.01.2018 ИТ СО РАН имеет следующий состав машин и оборудования. Всего машин и оборудования – 1579 единиц с полной учетной стоимостью 400534,8 тыс. руб. Из них приборы, устройства, оборудование, применяемые для осуществления научных исследований и разработок - 849 единиц с полной учетной стоимостью 344621,5 тыс. руб. Из них (по номенклатуре Классификатора Научного Оборудования): оборудование для процессов обработки и превращения веществ и материалов 216 единиц стоимостью 80151,7 тыс. руб.; оборудование для изучения и измерения свойств веществ и материалов – 478 единиц стоимостью 157453,5 тыс. руб.; оборудование для исследования структуры и состава веществ и материалов – 67 единиц стоимостью 95100,5 тыс. руб.; оборудование специализированное и уникальное – 86 единиц стоимостью 11915,8 тыс. руб.; информационное оборудование (вычислительная техника) – 462 единицы стоимостью 23755,9 тыс. руб.; в том числе дорогостоящие машины и оборудование – 58 единиц стоимостью 238545,6 тыс. руб. Возрастной состав машин и оборудования следующий. 42% оборудования (в стоимостном выражении) имеет возраст до 5 лет. При этом более 17% оборудования имеет возраст 11 лет и выше. Состав и номенклатура имеющихся машин и оборудования соответствует направлениям научных исследований Института.

В ИТ СО РАН функционирует две уникальных научных установки (УНУ):

УНУ «Крупномасштабный термогидродинамический стенд для исследования тепловых и газодинамических характеристик энергоустановок» (ТГД комплекс ИТ СО РАН, рег. №73570). Инфраструктура «ТГД комплекса ИТ СО РАН» – это распределенный комплекс оборудования, территориально располагающийся на площадях лабораторий ИТ СО РАН. Установки оснащены автоматизированными системами управления, сбора и обработки данных, расположены в помещениях, имеющих достаточный для проведения работ набор коммуникаций (электрические сети, холодная и горячая вода, приточно-вытяжная вентиляция, сжатый воздух). Компьютерные системы установок объединены в локальную сеть с выходом в Интернет. Оборудование обеспечено методиками, необходимой приборно-аналитической, лабораторной и экспериментальной базой, соответствующей международному уровню. Термогидродинамический стенд для исследования тепловых и газодинамических характеристик энергоустановок включает в себя - набор установок различного масштаба для исследования гидродинамики и массообмена в ограниченных струйных течениях и изотермических моделях энергетического оборудования (топок энергетических котлов, горелок, элементов гидро- и паровых турбин), теплоэнергетический стенд факельного сжигания угольного топлива, который представляет собой крупномасштабную модель топочной пылеугольной камеры, установки для измерения теплофизических свойств веществ и материалов, криогенный контур и большая фреоновая колонна для изучения пленочных течений в промышленных технологиях, комплекс уникальных установок для изучения пленочных течений, крупномасштабный стенд для изучения кавитационных процессов в гидроэнергетике. Стенды оснащены современным оборудованием, работающем на основе методов бесконтактной диагностики полей величин (PIV/PLIF/PFBI/PI), тепловизионными камерами и другим измерительным оборудованием. На 01.01.2019г. балансовая стоимость УНУ составляет 109,7 млн. руб. Загрузка УНУ составляет 100%, в том числе в интересах третьих лиц 12%. УНУ выполняет работы по тематикам государственного задания, грантам РНФ, РФФИ, а также прикладные НИОКР в интересах сторонних организаций.

УНУ «Вакуумный газодинамический комплекс ИТ СО РАН» (ВГК, рег.№ 200981) предназначен для проведения фундаментальных и прикладных исследований в области термогазодинамики разреженных сред, включая исследования по термогазодинамике космических кораблей и орбитальных станций, новейших вакуумных технологий получения наноструктур с использованием неравновесных струйных течений разреженного газа. Состоит из двух крупномасштабных установок ВИКА и ВИКИНГ рабочим объемом 35 и 150 куб. м и двух высоковакуумных камер ВС-2 и ВС-3 с системами формирования газодинамического молекулярного/кластерного пучка (объем 2 куб. м, 3 дифференциально откачиваемые секции, предельный вакуум 10^{-5} Па, скорость откачки 10000 л/с). По оснащению и возможностям этот комплекс относится к разряду уникальных и не имеет аналогов в стране. Комплекс оснащен как обычными средствами откачки (производительность 50 куб. м/с), так и криогенными на уровне азотных и гелиевых температур (производительность 104 куб. м/с). Предельное остаточное давление – 10^{-4} Па. Достаточно большие объемы вакуумных камер позволяют проводить исследования в импульсных режимах с расходами газа, недостижимыми в непрерывном режиме (длительность импульса составляет порядка 1 с, расходы газа – до 1 кг/с). Для исследований взаимодействия лазерного излучения с веществом имеется лазерная система с энергией в импульсе до 1 кДж. Имеются омические и плазменные (электродуговые) подогреватели, обеспечивающие квазиравновесный нагрев любых газов и паров жидкостей в диапазоне температур 300-7000 К и давлений от 10^{-6} до 10^{-5} Па. На 01.01.2019 г. балансовая стоимость составляет 12,6 млн. руб. Загрузка УНУ составляет 77 %, в том числе в интересах третьих лиц 16 %. УНУ выполняет работы по тематикам государственного задания, грантам РНФ, РФФИ, а также прикладные НИОКР в интересах сторонних организаций.

Оборудование ИТ СО РАН функционирует в составе двух центров коллективного пользования: ЦКП НОЦ Энергетика (совместно с Новосибирским Государственным Университетом, создан в 2005 году, не зарегистрирован на официальном сайте), ЦКП Механика (совместно с

ИТПМ СО РАН и ИГиЛ СО РАН; создан в 2004 году, номер регистрации на официальном сайте – 76915. По данным за 2018 год балансовая стоимость - 233,5 млн. руб., загрузка в интересах третьих лиц - 15%, организаций пользователей - 11).

Информационно –телекоммуникационная инфраструктура ИТ СО РАН представляет собой распределенную локальную сеть, включающую персональные компьютеры, коммутационное оборудование, серверы, высокопроизводительные вычислительные узлы. Имеются точки доступа беспроводной сети Wi-Fi. Безопасность сетей обеспечивается рядом мер, включающими различные методы аутентификации, разграничение доступа к сетевым ресурсам и мониторингом использования сетевых ресурсов. Скорость подключения к сети «Интернет» на 01.01.2019 г. составляет 100 Мбит/с и обеспечивается оптоволоконным соединением, с возможностью увеличения скорости доступа. В институте функционирует внутренняя телефонная сеть с подключением к внешним городским и федеральным телефонным сетям. По данным бухгалтерского учета на 01.01.2018 г. вычислительная техника насчитывает 462 единицы с полной учетной стоимостью 23755,9 тыс. руб. Из них 52% в стоимостном выражении имеет возраст до 5 лет включительно и 21% возраст более 11 лет.

В Институте функционирует опытное производство, обеспечивающее поддержку выполнения НИОКР по различным тематическим направлениям и изготовление изделий для собственных хозяйственных нужд. Опытным производством Института выполняются следующие технологические процессы: механообработка (точение, фрезерование, шлифование и др.), плазменная резка, раскрой и гибка листового материала, виды сварки ручная дуговая, полуавтоматическая и аргонодуговая), стеклодувная обработка и др. По данным бухгалтерского учета на 01.01.2018 г. машины и оборудование опытной базы насчитывает 119 единиц с полной учетной стоимостью 14545,2 тыс. руб. При этом 66 % основных средств имеют возраст более 11 лет.

Имеющаяся научно-исследовательская инфраструктура ИТ СО РАН по основным позициям соответствует научно-исследовательской программе. Тем не менее, в наличии достаточно много и физически, и морально устаревших приборов, и оборудования, требующих замены на современное.

5.2. Основные направления и механизмы развития научно-исследовательской инфраструктуры организации (включая центры коллективного пользования и уникальные научные установки)

Развитие инфраструктуры опытного производства, повышение эффективности системы контроля качества, внедрение системы планирования и организации работы.

Развитие инфраструктуры центров коллективного пользования.

Создание нового ЦКП в ИТ СО РАН, имеющего распределенную структуру и предназначенного для предоставления услуг внутренним и внешним пользователям по исследованию теплофизических свойств веществ и материалов, характеристик межфазных поверхностей, диагностики теплообменных процессов, по выполнению других заказных экспериментальных исследований и компьютерного моделирования. Количество приборов, относящихся категории особо ценного движимого имущества – не менее 5 шт. Потенциальные внешние пользователи – НГУ, НГТУ, институты СО РАН, предприятия г. Новосибирска и Сибирского региона.

Мероприятия по развитию ЦКП: разработка положения, типового договора, определение стоимости услуг, разработка регламента доступа к услугам ЦКП для внутренних и внешних пользователей, передача оборудования в ЦКП, создание сайта ЦКП и регистрация на официальном сайте www.skr-gf.ru, оснащение ЦКП новым оборудованием.

Развитие уникальных научных установок в части оснащения новым оборудованием, в т.ч.:

- УНУ «Крупномасштабный термогидродинамический стенд для исследования тепловых и газодинамических характеристик энергоустановок» (ТГД комплекс ИТ СО РАН, рег. №73570);

- УНУ «Вакуумный газодинамический комплекс ИТ СО РАН» (ВГК, рег.№ 200981).

Целевыми показателями развития являются:

- количество и объем НИОКР, выполняемых на УНУ;
- количество внешних пользователей и объем НИОКР (загрузка) выполняемых в интересах третьих лиц;
- количество публикаций, содержащих результаты работ, полученных на УНУ;
- доля нового (возраста до 5 лет включительно) оборудования в составе УНУ.

Строительство нового экспериментального корпуса для размещения высокотемпературных стендов для изучения процессов горения твердого, жидкого и газообразного топлива в моделях топочных камер тепловых станций, установок для моделирования теплофизических процессов в элементах реакторных установок, стендов для разработки газотурбинных установок и газотурбинных двигателей нового поколения. Экспериментальные площади – 4000 кв.м., камеральные помещения и малые лабораторные помещения – 1000 кв.м. Необходимая мощность – до 5 МВт, наличие сжатого воздуха, системы оборотного водоснабжения. Запрашиваемые субсидии на осуществление капитальных вложений отражены в разделе 9.

Развитие и/или модернизация существующих и строительство новых инженерных сетей ИТ СО РАН: электросети, водооборотной системы, сети сжатого воздуха ИТ СО РАН, а также систем канализации, холодного и горячего водоснабжения, отопления и хладоснабжения.

Развитие информационно-телекоммуникационной инфраструктуры в части:

- Создания вычислительного кластера в составе ЦКП ИТ СО РАН;
- Повышения безопасности компьютерных сетей;
- Увеличения пропускной способности локальных сетей и скорости доступа в сеть «Интернет»;
- Модернизации почтовых сервисов, запуск нового сайта Института, развитие систем видеонаблюдения и IP телефонии;
- Категорирования ключевых объектов информационно-телекоммуникационной инфраструктуры;
- Начало перехода на программное обеспечение российского производства;
- Увеличения зоны покрытия сетями Wi-Fi.

Централизованное приобретение лицензий на наиболее востребованное уникальное ПО, выбираемое на конкурсной основе.

РАЗДЕЛ 6. РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НАУЧНОЙ КОММУНИКАЦИИ И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

В рамках Программы развития предусмотрены мероприятия по оптимизации и развитию имущественного комплекса, в т.ч. - развитие и поддержка компьютерных сетей и оборудования, баз данных. Предполагается сделать значительный акцент на внедрение систем интернет-коммуникаций на основе локальной и глобальной сетей. Ежегодно будут публиковаться не менее 25 сообщений в СМИ, будут проводиться популярные лекции, выступления на радио и телевидении.

Предусматривается совершенствование системы оценки показателей результативности деятельности научных сотрудников с целью стимулирования публикационной активности с ориентацией на журналы, индексируемые в международных базах цитирования, а также роста числа патентуемых РИД. Значительный акцент будет сделан на повышение статуса выпускаемых Институтом журналов «Теплофизика и аэромеханика» и Journal of Engineering Thermophysics (входящих в базу Web of Science и имеющих высокие импакт-факторы). ИТ СО РАН продолжит проведение традиционных конференций «Сибирский теплофизический семинар», «Теплофизика и физическая гидродинамика», «Актуальные вопросы теплофизики и физической газодинамики», «Горение топлива: теория, эксперимент, приложения», «Семинар

ВУЗов по теплофизике и энергетике», «Two-Phase Systems for Space and Ground Applications», «Оптические методы исследования потоков», «Панорамные методы диагностики потоков», «Энерго и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий», «Инновационная энергетика».

Поддержание высоких показателей участия сотрудников в международных и всероссийских научных конференциях. В 2018 году сотрудниками ИТ СО РАН на конференциях сделано 679 докладов. На международные конференции за рубеж в 2018 году выезжали 62 сотрудника.

Расширение международных связей и популяризация научных исследований и разработок ИТ СО РАН в мире путем приглашения ведущих мировых ученых на научные мероприятия, проводимые с участием ИТ СО РАН. Количество визитов иностранных ученых в ИТ СО РАН в 2018 году составило 36, в том числе из КНР 16, Франции 4, Индии, Италии и США по 3 чел., Германии, Дании, Японии по 2 чел., Великобритании 1.

Участие в конкурсах на получение грантов Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых.

Активное участие ряда ведущих ученых ИТ СО РАН в экспертной деятельности: от экспертизы проектов по государственному заданию и федеральных программ, грантов научных фондов (РНФ, РФФИ) до участия в Советах по выделению грантов Правительства РФ и присуждению премий Правительства РФ, а также в Комитетах по присуждению международных научных наград.

Проведение научно-практических школ и семинаров для студентов, аспирантов и молодых ученых. Активное участие в научных и научно-практических мероприятиях, организуемых в СУНЦ НГУ и подшефной гимназии № 3 (г. Новосибирск).

РАЗДЕЛ 7. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИТ СО РАН

Программа развития ИТ СО РАН предусматривает комплекс мер по совершенствованию системы управления научной деятельностью, в том числе:

- формирование секций ученого совета ИТ СО РАН по направлениям для расширения участия высококвалифицированных научных сотрудников (докторов и кандидатов наук) в решении актуальных вопросов, связанных с определением перспективных научных направлений и задач, объективной оценкой достигнутых результатов и повышением уровня проводимых междисциплинарных исследований, в том числе – прикладного характера, оптимизацией использования приборной базы и развитием научной инфраструктуры;
- расширение функций Совета молодых ученых ИТ СО РАН с целью эффективного вовлечения молодых ученых в исследования в рамках планируемой научно-исследовательской программы, повышения их публикационной активности и мобильности, выработки и реализации эффективных мер поддержки талантливой научной молодежи;
- совершенствование системы внутренней экспертизы планов НИР и отчетов, представляемых научными подразделениями и временными творческими коллективами, учет результатов экспертизы при принятии решений;
- расширение организационных возможностей взаимодействия научных подразделений и научных групп, доступа к современному научному оборудованию с целью решения комплексных научно-технических проблем, важных для получения принципиально новых фундаментальных научных результатов и обоснования перспективных научно-технических решений для создания прорывных технологий;
- внедрение современных информационных технологий в существующую систему документооборота с целью расширения участия высокопрофессиональных сотрудников в процессе подготовки внутренних нормативных документов; при экспертизе проектов документов вышестоящих органов и организаций;
- регулярное проведение научных сессий, семинаров в целях мониторинга результативности работы и принятия мер по оптимизации тематики и структуры научных подразделений, в том числе формирование и поддержка молодежных научных групп и лабораторий.

- наращивание активности, направленной на инновационное практическое использование научного потенциала Института: реализация системного подхода в решении задачи повышения востребованности научного задела предприятиями реального сектора российской экономики; регулярное представление разработок на крупных выставочных мероприятиях; участие в научно-производственных совещаниях, в планировании и научно-техническом обеспечении производства новой наукоёмкой и конкурентоспособной (в том числе импортозамещающей) продукции; увеличение внебюджетных доходов и эффективности бюджетных капиталовложений за счет выполнения исследований в интересах предприятий высокотехнологичного сектора экономики; расширение внедрения результатов НИОКР в производство.

РАЗДЕЛ 8. СВЕДЕНИЯ О РОЛИ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В ВЫПОЛНЕНИИ МЕРОПРИЯТИЙ И ДОСТИЖЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗНАЧЕНИЙ ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «НАУКА» И ВХОДЯЩИХ В ЕГО СОСТАВ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

ИТ СО РАН принимает активное участие в решении задач и достижении целей Национального проекта «Наука».

В рамках федерального проекта «Развитие научной и научно-производственной кооперации» в декабре 2018 года ИТ СО РАН подготовил и подал заявку на участие в создании научно-образовательного центра мирового уровня в интеграции с Новосибирским государственным университетом. В рамках НОЦ планируется решение прикладных задач в области энергетики во взаимодействии с индустриальными партнерами, такими как Объединенная двигателестроительная компания, ПАО «Силовые машины», РУСГИДРО, КОТЭС. В марте 2019 года ИТ СО РАН направил в Сибирское отделение РАН письмо о намерении принять участие в конкурсе на создание научных центров мирового уровня.

Планы и показатели участия ИТ СО РАН в федеральном проекте «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации» отражены в разделе 5 и в приложении «Целевые показатели» данной Программы развития. В минимальном варианте планируется 50% обновление приборного парка и оборудования Института. В то же время ИТ СО РАН имеет намерения обновить приборный парк вплоть до уровня 100%. Минобрнауки довело до Института предварительный лимит на обновление приборной базы в размере 38 565 961,33 руб. Планируется значительное увеличение количества публикаций в изданиях, индексируемых в международных базах данных (Web of Science, Scopus): с 423 в 2018 году до 577 в 2024 году, а также удвоение числа ежегодно регистрируемых и заявляемых РИД по сравнению с 2017 годом (см. приложение «Целевые показатели»).

Полная учетная стоимость подлежащей списанию приборной базы в течение срока реализации Программы развития составит 5 192 тыс.руб.

Объем расходов на эксплуатацию обновляемой приборной базы за период 2019-2024гг составит 50 440 тыс. руб. и включает в себя расходы на заработную плату операторов оборудования, оплату коммунальных услуг, связанных с содержанием оборудования, налог на имущество и материальные запасы. Источниками средств для расходов на эксплуатацию обновляемой приборной базы являются средства государственного задания и внебюджетные средства организации (35,3 % всех затрат).

Полная учетная стоимость приборной базы, планируемой к приобретению организацией за счет средств гранта в форме субсидии составит 214 376,46 тыс. руб., в том числе в целях развития центров коллективного пользования – 71 458,72 тыс. руб.;

Полная учетная стоимость приборной базы ИТ СО РАН на 1 января 2018 года составляет 400,54 млн. руб., в том числе 122,10 млн. руб. – стоимость уникальных научных установок. Объем финансирования, планируемый организацией к расходованию в 2019 году на обновление приборной базы, составляет 38 565,96 тыс. руб.

ИТ СО РАН совместно с ИТПМ СО РАН, ИГиЛ СО РАН и ИХКиГ СО РАН является инициатором проекта по созданию Междисциплинарного исследовательского комплекса аэрогидродинамики, машиностроения и энергетики в рамках программы Академгородок 2.0. Пред-

полагается оснащение комплекса крупномасштабными исследовательскими установками с параметрами, близкими к реализующимся в энергетических системах.

В рамках федерального проекта «Развитие кадрового потенциала в сфере исследований и разработок» в ИТ СО РАН в 2018 году созданы три новые молодежные лаборатории, численность научных сотрудников увеличена на 30 ед. В ближайшие 2-3 года предполагается создать еще две новые молодежные лаборатории, планируется существенный рост числа проектов, выполняемых под руководством молодых исследователей. Качественное улучшение кадрового состава ИТ СО РАН будет осуществляться за счет привлечения молодых специалистов из аспирантуры и магистратуры вузов, что обеспечит дальнейшее повышение доли молодых исследователей в Институте.

РАЗДЕЛ 9. ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

№	Показатель	Единица измерения	Отчетный период 2018 год	Значение					
				2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	2024 год
1.	Общий объем финансового обеспечения Программы развития*	тыс. руб.	592 088,4	688 994,1	848 702,3	896 336,0	971 881,0	1 041 881,0	1 118 881,0
	Из них:								
1.1.	субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного задания из федерального бюджета ⁺	тыс. руб.	250 918,1	285 802,4	287 596,7	294 655,0	325 000,0	345 000,0	366 000,0
1.2.	субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного задания из бюджета Федерального фонда обязательного медицинского страхования	тыс. руб.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.3.	субсидии, предоставляемые в соответствии с абзацем вторым пункта 1 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации**	тыс. руб.	8 485,6	13 497,5	8 000,0	8 100,0	8 200,0	8 300,0	8 400,0
1.4.	субсидии на осуществление капитальных вложений	тыс. руб.	0,0	0,0	120 000,0	120 000,0	120 000,0	120 000,0	120 000,0
1.5.	средства обязательного медицинского страхования	тыс. руб.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

* Не учитываются стипендии Президента РФ для молодых ученых (в 2018 г. – 3 921,6 тыс. руб.).

⁺ Учтено ожидаемое дополнительное финансирование на налоги.

** Учтены субсидии на иные цели, в том числе: стипендия аспирантов, ожидаемое финансирование на капитальный ремонт, обновление приборной базы.

1.6.	поступления от оказания услуг (выполнения работ) на платной основе и от иной приносящей доход деятельности	тыс. руб.	332 684,7	365 952,4	402 574,6	442 800,0	487 100,0	536 000,0	590 000,0
1.6.1.	В том числе, гранты ***	тыс. руб.	240 600,0	178 500,0	180 500,0	185 000,0	190 000,0	195 000,0	200 000,0

Директор ИТ СО РАН чл.-корр. РАН
13.05.2019



[Handwritten signature]

Д.М. Маркович

*** Гранты РНФ, РФФИ, ФЦП.

Приложение № 1
к Программе развития Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института теплофизики
им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения
Российской академии наук на 2020-2024 годы

**Целевые показатели реализации Программы развития
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук
на 2020 – 2024 годы**

№ п/п	Целевые показатели реализации Программы развития ¹	Профиль организации ²	Единица измерения	Предыдущие годы		Отчетный год 2018	План ³					
				2016 год	2017 год		2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	2024 год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Основные целевые показатели												
Научно-исследовательская деятельность												
1.	Количество статей в изданиях, индексируемых в международных базах данных	1. Генерация знаний, 3. Научно-технические услуги	ед.	245	224	225	241	260	279	290	300	320

¹ Целевые показатели будут использованы для анализа в рамках следующей оценки результативности деятельности научных организаций, подведомственных Минобрнауки России.

² В соответствии с приложением № 1 к протоколу заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций от 14 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр указывается номер профиля.

³ Приводятся планируемые значения показателей по годам на весь срок реализации Программы развития. При соответствии, значения формируются с учетом методических рекомендаций к расчету значений показателей, используемых организацией при внесении сведений в базу данных ФСМНО (sciencemon.ru).

1.1.	В том числе количество статей в областях, определяемых приоритетами научно-технологического развития	1, 3	ед.	240	220	222	238	245	274	285	295	315
1.1.1.	Из них: число статей, в изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science Core Collection (WoS)	1, 3	ед.	232	222	200	220	238	254	273	293	314
1.1.2.	число статей в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus	1, 3	ед.	237	200	211	231	214	229	246	264	284
2.	Число заявок на получение патента на изобретение, включая международные заявки	1, 3	ед.	20	3	12	14	30	31	32	33	34
2.1.	В том числе заявок на получение патента на изобретение по областям, определяемых приоритетами научно-технологического развития	1, 3	ед.	20	3	12	13	29	30	31	32	33

2.1.1.	Из них: международные заявки на получение патента на изобретение	1, 3	ед.	0	0	0	0	1	1	1	1	2
3.	Количество заключенных лицензионных договоров о предоставлении права использования изобретений, охраняемых патентом	1, 3	ед.	0	3	2	0	2	3	3	4	4
4.	Количество полученных охранных документов на РИД ⁴	1, 3	ед.	18	27	17	14	18	20	21	22	23
5.	Количество разработанных и переданных для внедрения и производства технологий ⁵	1, 3	ед.	0	0	0	0	1	1	1	2	2
6.	Число внесенных в Государственный реестр селекционных достижений ⁶	1, 3	ед.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.	Объем внебюджетных средств	1, 3	тыс. руб.	291997,0	275881,8	332 684,7	365 952,4	295 193,53	315 857,07	337 967,06	361 624,75	386 938,48
Кадровый потенциал организации												
1.	Численность исследователей	1, 3	чел.	314	317	322	340	345	350	355	360	365

⁴ РИД - результаты интеллектуальной деятельности.

⁵ Подтвержденных актами и протоколами опытно-промышленных испытаний разработанной научно-технической продукции.

⁶ Для организаций, проводящих исследования и разработки в области сельскохозяйственных наук.

1.1.	Численность исследователей в возрасте до 39 лет (включительно)	1, 3	чел.	115	122	123	125	127	129	131	133	135
2.	Численность аспирантов	1, 3	чел.	35	36	35	32	38	39	40	41	42
2.1.	Из них: численность аспирантов, защитившихся в срок	1, 3	чел.	1	0	1	1	1	2	2	2	2
3.	Численность российских и зарубежных ученых, работающих в организации и имеющих статьи в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных	1, 3	чел.	124	127	127	130	135	140	145	150	155
Приборная база организации												
1.	Общая балансовая стоимость научного оборудования ⁷	1, 3	тыс. руб.	268053	278436	280879	304057	326996	349953	373012	395959	418826

⁷ За исключением балансовой стоимости уникальных научных установок.

1.1.	В том числе балансовая стоимость измерительных и регулирующих приборов и устройств, лабораторного оборудования	1, 3	тыс. руб.	218337	223219	228433	245529	264052	282590	301211	319741	338206
2.	Балансовая стоимость научного оборудования в возрасте до 5 лет	1, 3	тыс. руб.	158276	151621	142398	182639	191645	227275	262904	298534	298534
3.	Доля отечественного научного оборудования ⁸	1, 3		0,5	0,51	0,53	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56
4.	Общая балансовая стоимость выбывших единиц научного оборудования ⁹	1, 3	тыс. руб.	550	791	935	863	880	863	760	873	953
4.1.	Из них: балансовая стоимость выбывших измерительных и регулирующих приборов и устройств, лабораторного оборудования	1, 3	тыс. руб.	0	0	247	123	220	70	135	123	100

⁸ Рассчитывается как отношение балансовой стоимости приборной базы отечественного производства в текущем году к балансовой стоимости приборной базы в текущем году.

⁹ За исключением балансовой стоимости выбывшего научного оборудования уникальных научных установок.

5.	Балансовая стоимость уникальной научной установки (при наличии)	1, 3	тыс. руб.	122281	122099	126678	138267	149297	160343	171493	182530	193487
6.	Объем расходов на эксплуатацию обновляемого научного оборудования	1, 3	тыс. руб.	0	0	0	2391	2397	2404	2411	2418	2424
7.	Отношение фактического времени работы центра коллективного пользования в интересах третьих лиц к фактическому времени работы центра ¹⁰	1, 3	%	0	0	0	0	12	13	14	15	15
8.	Доля исследований, проводимых под руководством молодых ученых в возрасте до 39 лет (включительно)	1, 3	%	9,5	9,6	10,8	11,0	11,2	11,5	12,0	13,0	13,3
Развитие системы научной коммуникации и популяризации результатов исследований												
1.	Количество научных конференций (более 150 участников), в которых организация выступит(ла) организатором	1, 3	ед.	3	3	3	3	3	3	3	3	3

¹⁰ Указывается для центров коллективного пользования

1.1.	в том числе международных	1, 3	ед.	1	1	0	1	1	1	1	1	1
2.	Количество базовых кафедр в организациях высшего образования и научных организациях	1, 3	ед.	7	7	7	7	7	7	7	7	7
3.	Количество научных журналов, выпускаемых организацией	1, 3	ед.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3.1.1.	из них: индексируемых RSCI (Russian Science Citation Index)	1, 3	ед.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.1.2.	индексируемых базами данных Web of Science и Scopus	1, 3	ед.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Дополнительные показатели												
1.	Уровень загрузки научного оборудования	1, 3	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2.	Доля внешних пользователей научного оборудования	1, 3	%	15	15	16	21	21	22	22	23	25
3.	Доля исследований, проводимых под руководством молодых ученых в возрасте до 39 лет (включительно)	1, 3	%	9,6	9,6	10,8	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5

4.	Процент привлечения внебюджетных средств к проведению научно-исследовательских работ	1, 3	%	59,6	59,8	58,2	52,7	54,9	56,7	57,0	57,8	58,8
5.	Количество поданных за предшествующий год заявок, в том числе в иностранных юрисдикциях, на регистрацию объектов интеллектуальной собственности (изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, селекционных достижений)	1, 3	ед.	20	22	3	12	14	30	31	32	33
6.	Количество разработанных и переданных для внедрения и производства технологий, в состав которых входят объекты интеллектуальной собственности (изобретения, полезные модели, промышленные образцы, селекционные достижения, программы для ЭВМ), исключительные права на которые принадлежат организации	1, 3	ед.	0	0	0	0	1	1	1	2	2

