

## РАЗВИТИЕ ОТРАСЛИ

Обзорная статья

УДК 621.51

doi: 10.24412/2413-3035-2025-35-3-10-16

### ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ КАЗАНСКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ КОМПРЕССОРОСТРОЕНИЯ

✉ Альбина Валерьевна Потапова<sup>1</sup>, Ильмир Ильдарович Хабибуллин<sup>1</sup>,  
Дмитрий Евгеньевич Якимов<sup>2</sup>, Дмитрий Александрович Елизаров<sup>3</sup>

<sup>1</sup>НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа, Группа ГМС, Казань, Российская Федерация, <sup>2</sup>УК «Группа ГМС», Москва, Российская Федерация, <sup>3</sup>Бизнес-единица «ГМС Компрессоры», г. Москва, Российская Федерация

✉ niitk@niitk.ru

**Аннотация:** Создания новых перспективных технических решений всегда актуальны как для отдельных отраслей, так и для Российской Федерации в целом. Для решения современных вызовов Президентом РФ 25 апреля 2022 года был подписан Указ № 231, объявляющий период с 2022 по 2031 годы в России «Десятилетием науки и технологий». Дополнительным вектором для создания перспективных технических решений стала Концепция технологического развития РФ на период до 2030 года, утвержденная распоряжением № 1315-р Правительства РФ от 20.05.2023. Эти документы в совокупности со Стратегией научно-технологического развития в РФ, утвержденной указом № 145 Президента РФ от 28.02.2024, стали дополнительным стимулом для разработки и ввода в эксплуатацию новой техники, в том числе и по направлениям импортозамещения, согласно Энергетической стратегии Российской Федерации, до 2050. Однако лишь директивными документами создать в кратчайшие сроки условия для появления прорывных методик и проектов в некоторых областях промышленности не представляется возможным. В статье представлена обобщенная методика управления рабочей средой научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, признанных на рынке, на примере АО «НИИтурбокомпрессор им.В.Б. Шнеппа».

**Ключевые слова:** Компрессоростроение, научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, научная школа, кадровое обеспечение, защита интеллектуальной собственности, международное сотрудничество, новые технологии.

### TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE KAZAN SCIENTIFIC SCHOOL OF COMPRESSOR ENGINEERING

✉ Albina V. Potapova<sup>1</sup>, Ilmir I. Khabibullin<sup>1</sup>, Dmitry E. Yakimov<sup>2</sup>, Dmitry A. Elizarov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>NIIturbokompressor n.a. V.B. Shnepp, HMS Group, Kazan, Russian Federation, <sup>2</sup>HMS Group, Moscow, Russian Federation, <sup>3</sup>HMS Compressors Business Unit, Moscow, Russian Federation

✉ niitk@niitk.ru

**Abstract:** The creation of new promising technical solutions is always relevant both for individual industry sectors and for the Russian Federation as a whole. To address contemporary challenges, on 25 April 2022, the President of the Russian Federation signed Decree No. 231, declaring the period from 2022 to 2031 in Russia the 'Decade of Science and Technology.' An additional vector for the creation of promising technical solutions was the Concept of Technological Development of the Russian Federation for the period up to 2030, approved by Order No. 1315-r of the Government of the Russian Federation dd. 20.05.2023. These documents, together with the Strategy for Scientific and Technological Development in the Russian Federation, approved by Decree No. 145 of the President of the Russian Federation dd. 28.02.2024, became an additional incentive for the development and commissioning of new technology, including in the areas of import substitution in accordance with the Energy Strategy of the Russian Federation until 2050. However, it is not possible to create conditions for the emergence of innovative methods and projects in some areas of industry in the shortest possible time solely through regulatory documents. The article presents a generalised methodology for managing the working environment of research and development projects to create market-recognised developments, using the example of JSC NIIturbokompressor n.a.V.B. Shnepp.

**Keywords:** Compressor engineering, research and development, scientific school, staffing, intellectual property protection, international cooperation, new technologies.

## ВВЕДЕНИЕ (INTRODUCTION)

В Российской Федерации действуют несколько научных школ в области компрессоростроения: СПбПУ (Санкт-Петербург) и ее представители В. Ф. Рис, К. П. Селезнев, Ю. Б. Галеркин, А. А. Дроздов, научные школы на базе МГТУ им. Н. Э. Баумана (Москва) — А. В. Чернышев и ОМГТУ (Омск) — В. Л. Юша, а также казанская научная школа компрессоростроения на базе АО «НИИТурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» (НИИТК) с ее основателем В. Б. Шнеппом и яркими представителями И. Г. Хисамеевым, В. А. Максимовым, Г. А. Поспеловым, А. А. Мифтаховым, С. С. Евгеньевым, Г. С. Баткисом, М. Б. Хадиевым, В. А. Футиным.

За свою почти 70-летнюю историю НИИТК зарекомендовал себя среди заказчиков, как надежный партнер, способный выполнить заказ не только в установленные сроки, но и применяя собственные уникальные разработки для удовлетворения целевых показателей единичных изделий, а также контракты по разработке типоразмерных рядов винтовых и центробежных компрессоров, и по модернизации существующего компрессорного оборудования отечественного и импортного производства.

Перечисленные основные направления деятельности относят НИИТК к предприятиям группы наукоемкого общего машиностроения. Для подобных производств необходимо планомерное постоянное внедрение и поиск новых решений; постоянная связь теории и практики; создание условий для воспроизведения кадров и передачи научно-технического опыта; создание предпосылок для генерации уникальных решений, выраженных интеллектуальной собственностью. Все это необходимо для удержания репутации на необходимом уровне.

Задачи, стоящие перед сотрудниками НИИТК — это развитие науки и технологий; кадровое обеспечение; защита интеллектуальной собственности; международное сотрудничество. Все это является основой для обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации и будет выражаться в увеличении доли наукоемкой продукции, как в общем объеме производства, так и в экспорте.

Именно такой всесторонний подход уже много лет использует НИИТК для сохранения своих позиций, как на российском, так и на мировом рынке, ежегодно представляя новые решения и тренды развития техники, такие как подготовка кадров, защита интеллектуальной собственности, расширение географии поставок, импортозамещение, так и внедрение новых технологий.

## ОБСУЖДЕНИЕ (DISCUSSION)

### 1. Кадровое обеспечение

Проблема подготовки квалифицированных кадров для наукоемких производств является актуальной для любой отрасли и компрессоростроение не исключение. Подготовка специалистов высшей квалификации, способных к самостоятельной реализации

проектов, отвечающих современным вызовам, достигается путем использования комплексного подхода и является базой для положительного завершения научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР).

Такой прием включает в себя на первом этапе профориентационную работу со школьниками, которая заключается в ознакомлении подростков с компрессоростроением в интерактивных форматах [1]. Следующим этапом является проект целевого обучения по направлению подготовки «Технологические машины и оборудование» с профилем «Компрессорные машины и установки». Для обучающихся в ВУЗах по профильным направлениям подготовки в НИИТК проводится практическая подготовка в период всего срока обучения. Этим достигается максимальное слияние теории и практики, а также будущие выпускники заранее знакомятся и вникают в направления будущей трудовой деятельности.

Для привлечения интереса к компрессоростроению среди различных групп населения НИИТК принимает участие во всероссийском проекте «Наука рядом» в рамках «Десятилетия науки и технологий». Проводится ежегодная «Неделя науки и технологий АО «НИИТурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа»», которую в прошлом 2024 году посетили более 350 учащихся, молодых специалистов и представителей машиностроительной отрасли России. [2]

НИИТК начиная с 1993 года проводит Международную научно-техническую конференцию (МНТК) по компрессорной технике. Это уникальное мероприятие, которое уже более тридцати лет собирает на своих полях производителей компрессоров и компрессорного оборудования, а также представителей организаций, эксплуатирующих компрессорное и вспомогательное оборудование. (МНТК) по компрессорной технике — площадка для обсуждения прикладных и фундаментальных аспектов в сфере конструирования и изготовления компрессорного оборудования, обмена практическим опытом и проблемами эксплуатации, знакомства с новыми отечественными разработками и технологиями в области компрессорного машиностроения [2].

Для апробации сил инженеров и конструкторов, только начавших свою карьеру, НИИТК проводит Международную научно-техническую конференцию молодых специалистов по компрессоростроению, в которых принимают участие учащиеся и производственники области компрессоростроения со всех уголков России и проходит вручение Премии им. В. Б. Шнеппа в области компрессоростроения [2].

При поддержке НИИТК ежегодно проводится Конференция «Производители и потребители компрессорной техники».

Следующим этапом подготовки кадров является институт наставничества, который проходит каждый новый сотрудник. Именно закрепленный наставник

помогает новому сотруднику более плавно влиться в коллектив и быстрее справляться с рабочими задачами. К молодым сотрудникам, не имеющим ученую степень, но стремящимся ее получить также прикрепляется наставник. Дополнительным стимулом для развития молодых сотрудников является «Совет молодых ученых и исследователей НИИТК», благодаря работе которого сотрудники могут принять участие в уникальных конкурсах, кейс чемпионатах, обучении в составе рабочих групп. Для апробации научных результатов сотрудникам НИИТК доступно участие в специализированных профессиональных конференциях, выставках, конгрессах и симпозиумах. Ежегодно сотрудники НИИТК становятся призерами и победителями конкурсов профессионального мастерства, получают различные отраслевые премии и награды: «Лучший молодой ученый РТ» Хабибуллин И. И. — 2022, Хасанов Н. Г. — 2023, Литвиненко А. А. — 2024, «Инженер года РТ» Габдрахманова З. Р. -2024 г., Государственная премия РТ им. В. Е. Алемасова: Хабибуллин И. И. — 2022, Хасанов Н. Г. — 2025 г.

Такой планомерный подход к организации подготовки кадров в НИИТК позволил предприятию сохранить наработанные за время существования компетенции в области проектирования и модернизации высокотехнологичного компрессорного оборудования.

## 2. Проекты и защита интеллектуальной собственности

НИИТК, являясь ведущим конструкторским институтом в отрасли, ведет разработку новых подходов к проектированию турбодетандеров, центробежных и винтовых компрессоров, а также отдельных узлов к ним благодаря оптимально выстроенному процессу подготовки кадров в рамках общей концепции создания оптимальных условий для проведения НИОКР.

На сегодняшний день сотрудниками НИИТК получено более 60 патентов на изобретения и полезные модели в этой области, всего же с момента основания НИИТК являлся правообладателем более 300 патентов и свидетельств на ПО для ЭВМ и баз данных. Наличие передовых и актуальных программных комплексов для индустрии компрессоростроения позволяет проводить работы по проектированию проточных частей на высоком уровне и гарантировать достижение заданных характеристик. Результаты работы инженерной школы НИИТК — это разработки и создание компрессорного оборудования для различных отраслей промышленности.

Основные направления проводимых научных исследований [3]:

- повышение энергетической эффективности проточной части компрессоров.
- совершенствование конструкции основных элементов компрессоров.
- совершенствование способов антипомпажной защиты и регулирования компрессоров.

- исследование подшипников и уплотнений.
- расширение диапазона рабочих параметров компрессорной техники.
- создание математических моделей и методик расчета.

Совершенствование проточной части компрессоров создает предпосылки для увеличения производительности ступеней сжатия. Это увеличит конкурентные преимущества продукции НИИТК. Нарастание производительности достигается изменением конфигурации и расположения основных элементов узла проточной части [8, 4].

Благодаря постоянной разработке и совершенствованию способов антипомпажной защиты и регулирования компрессоров в НИИТК была решена задача по созданию надежной и быстродействующих устройств для определения границы помпажа [5, 6].

Сотрудники НИИТК ведут активные исследования области устойчивой работы подшипников для различных типов компрессоров. Также одним из значимых направлений исследований в НИИТК стала разработка уплотнений для различных типов газов. Результаты проведенных исследований позволили разработать алгоритм проведения ремонтно-восстановительных работ узлов и деталей подшипников скольжения, а также изготовление новых изделий [7-9]. Новые исследования позволили прогнозировать применение различных современных материалов и сплавов для изготовления подшипников [10].

Кроме центробежных компрессоров в область изучения НИИТК входят и другие типы компрессорного оборудования — винтовые. Для этих типов агрегатов сотрудниками НИИТК были проведены исследования в области создания параметрических рядов [11, 12].

Создание математических моделей и методик расчета в процессе НИОКР обеспечивает уменьшение как сроков проведения газодинамических и прочностных расчетов, подготовки конструкторской документации на отдельные узлы агрегата, так и расширение диапазона рабочих параметров компрессорной техники [13, 14].

Сохранения лидерских позиций в области компрессоростроения НИИТК достигается за счет проверки правильности примененных конструкторских решений и технологий изготовления путем создания и испытания модельных стендов [15]. Дополнительным преимуществом НИИТК является применение технологии реверс-инжиниринга [16, 17].

Дополнительно решаются проблемы высокомоментных компрессорных установок для проектов СПГ, предназначенных для использования в технологических линиях транспортировки и ожижения природного газа.

Одной из проблем, возникающих при эксплуатации подобных установок является возникновение крутильных колебаний. Они приводят к внезапным изменениям нагрузки в следствии возникновения скручивающих моментов. Это несет опасность превышения номинального момента в несколько раз и может привести



к разрушению валопровода. С целью повышения эксплуатационной надежности, в АО НИИТК ведутся работы по исследованию и разработке мероприятий по исключению крутильных колебаний. В рамках данного направления разрабатывается экспериментальный стенд с созданием модели компрессорной установки и имитацией крутильных колебаний совместно с НТЦ Ресурс. Механические испытания ЦБК будут проводиться на рабочих и максимально допустимых частотах вращения при отвакуумированном корпусе сжатия.

Также при эксплуатации высокомоощных компрессорных установок для проектов СПГ в условиях низких и криогенных температур выдвигаются особые требования к используемым в таком оборудовании конструкционным материалам. В рамках проектирования установок совместно с СПбПУ была проведена работа по подбору материального исполнения и экспериментальные работы по влиянию пониженных температур на свойства материалов.

С целью подтверждения работоспособности конструкции и принятых технических решений будут проведены криогенные испытания (захолаживание) узлов компрессора в криогенных камерах на стенде АО «НИИЭФА». Эти испытания представляют собой ходовые испытания на азоте с температурой рабочей среды на входе в компрессор до минус 160 °С, на рабочих (либо максимально допустимых) частотах вращения.

Поскольку в процессе испытаний и эксплуатации компрессоров возникают вопросы, связанные с оценкой реального запаса по прочности рабочих колес и корпусов, необходимых для верификации результатов расчета, в НИИТК планируются работы по использованию комплексного способа с тензометрированием.

### **3. География проектов и международное сотрудничество**

Благодаря отлаженному процессу НИОКР НИИТК ведет работу не только с российскими партнерами, но и с зарубежными [18]. Обширная проектная деятельность ведется для отраслевых гигантов ПАО «НОВАТЭК», ПАО «ГАЗПРОМ», ПАО «СИБУР Холдинг», АО «ТАИФ-НК», ПАО «Татнефть», а также для средних и мелких российских и региональных компаний нефтегазового сектора [19-23]. Сотрудничество с ними характеризует высокий уровень доверия, как к компетенциям НИИТК по проектированию турбомашин, так и к заявленным характеристикам изделий.

Для гигантов добывающего сектора НИИТК выполнил ряд уникальных проектов как самостоятельно, так и в сотрудничестве с передовыми промышленными предприятиями РФ [24, 25].

Среди зарубежных партнеров можно выделить таких представителей дружественных стран как Исламская Республика Иран.

Выбор НИИТК в качестве подрядчика проектов раз-

личного уровня еще раз доказывает высокий уровень НИОКР в НИИТК.

### **4. Новые технологии в НИОКР**

Бурно развивающимися направлениями в НИОКР являются новые технологии:

- динамическое моделирование, которое используется для анализа всех возможных режимов работы, выявления критических режимов, принятия мер по обеспечению надежной работы за счет как корректного подбора оборудования, так и выработки стратегии управления при различных сценариях работы;
- применение искусственного интеллекта (ИИ) в создании передовых моделей промышленного оборудования;
- машинное обучение для разработки и реализации проектов разработки унифицированных модельных рядов промышленного оборудования;
- нейросети, применяемые в сложных расчетах;
- роботизация технологических процессов в виде полномасштабного внедрения производственных линий под управлением одного оператора или в виде многопрофильных программируемых высокоточных станков;
- аддитивные технологии, применяемые при создании уникальных объектов, узлов и конструкций.

Все эти технологические прорывы современности легко и качественно планируется интегрировать в имеющуюся производственную базу компрессоростроения.

Предприятия внедряют перспективные технологии в свой производственный цикл. Связано это в первую очередь с гонкой производственных мощностей стран мира из-за возрастающего кадрового голода.

НИИТК как представитель наукоемкого общего машиностроения и ведущая исследовательская организация в отрасли компрессоростроения берет на вооружение интересные и подходящие современные технологии.

Использование машинного обучения и нейросетей в НИИТК является отличным инструментом для проведения изысканий по созданию малорасходных турбинных ступеней для турбодетандерных агрегатов, а также для расчетно-экспериментальных исследований динамики и прочности валопровода компрессоров мощностью более 65МВт. Также машинное обучение и нейросети оказываются полезными для:

- разработки методики по динамическому моделированию компрессорных станций и проведению газодинамических расчетов;
- прочностных расчетов узлов и деталей компрессорного и турбодетандерного оборудования;
- создания типоразмерного ряда и методики расчета мембранных муфт;
- создания типоразмерного ряда мультипликаторов модернизированной конструкции.

Для изготовления рабочих колес компрессоров применимы альтернативные методы такие как аддитивные технологии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ (CONCLUSION)

В статье авторы продемонстрировали взаимосвязь НИОКР с различными аспектами функционирования научно-исследовательской организации на примере АО «НИИТурбокомпрессор им.В.Б.Шнеппа». Именно грамотно организованная и спланированная работа в этом направлении дает неоспоримые преимущества наукоемким производствам. Динамически решаются вопросы кадрового обеспечения и презентации предприятия через достижения своих сотрудников. Отлажена работа в части создания, производства и развития перспективных разработок для рынка компрессорной техники. Использована возможность внедрения и использования передовых технологий для удовлетворения потребностей заказчиков различного уровня в добывающей отрасли не только в РФ, но и в мире. Для устранения риска возникновения кадрового голода, присущего наукоемким производствам, сотрудники НИИТК на постоянной основе повышают свою квалификацию по направлениям использования современных технологий, что также является конкурентным преимуществом НИИТК на рынке производителей компрессорного оборудования как в РФ, так и за рубежом.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Костылева Е. Е., Хабибуллин И. И. Наука в тренде: АО «НИИТурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» открывает двери для взрослых и школьников // Компрессорная техника и пневматика. 2025. № 2. С. 57-58.
2. Хабибуллин И. И., Костылева Е. Е. XIX Международная научно-техническая конференция по компрессорной технике, посвященная 100-летию со дня рождения В. Б. Шнеппа // Компрессорная техника и пневматика. 2024. № 3. С. 2
3. Хасанов Н. Г., Хуснутдинов И. Ф., Муртазин Р. Ф. и др. Расчётно-экспериментальное исследование высокорасходной модельной ступени центробежного компрессора с повышенным втулочным отношением // Компрессорная техника и пневматика. 2022. № 4. С. 37-39.
4. Биктимеров Ш. Ш., Скобелев Р. Ю., Дубинин Е. В. и др. Создание ряда высокоэффективных турбинных ступеней турбодетандерных агрегатов. Перспективы применения в различных отраслях промышленности // Труды XIX Международной научно-практической конференции по компрессоростроению, посвященной 100-летию со дня рождения В. Б. Шнеппа. Казань. 2024. С. 197-203.
5. Гузельбаев Я. З., Хавкин А. Л. Экспериментальное определение границы помпажа центробежных компрессоров с масляными и электромагнитными подшипниками без ввода их в помпаж // Компрессорная техника и пневматика. 2018. № 3. С. 25-28.
6. Хавкин А. Л., Хуснутдинов И. Ф. Опыт внедрения антипомпажных систем, разработанных в АО «НИИТурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» // Труды XIX Международной научно-практической конференции по компрессоростроению, посвященной 100-летию со дня рождения В. Б. Шнеппа. Казань. 2024. С. 230-235.
7. Соколов Н. В., Байбеков Р. Р., Егоров А. Г. Основные моменты реинжиниринга подшипниковых узлов динамического оборудования // Материалы XI-й Международной научно-технической конференции. 2022. Ч. 2. С. 124-129.
8. Соколов Н. В., Якимов Д. Е., Хадиев М. Б. Результаты отладочных испытаний на стенде опорных подшипников скольжения центробежных компрессоров // Труды XI Международной научно-технической конференции молодых специалистов. Казань. 2022. С. 294-299.
9. Хадиев М. Б., Хамидуллин И. В., Соколов Н. В. и др. Расчет опорных подшипников скольжения с самоустанавливающимися подушками на гидростатическом подвесе // Материалы 15-й Международной научно-технической конференции. Омск. 2025. С. 20-28.
10. Соколов Н. В., Сарманаева А. Ф., Давлетшин И. С. и др. Рекомендации к проектированию и применению материалов подшипников скольжения компрессорных машин // Компрессорная техника и пневматика. 2024. № 1. С. 37-43.
11. Паранина О. Ю., Паранин Ю. А., Сарманаева А. Ф. и др. Параметрический ряд спиральных компрессоров для систем кондиционирования воздуха // Труды XI Международной научно-технической конференции молодых специалистов. Казань. 2022. С. 17-31.
12. Паранина О. Ю., Паранин Ю. А., Сарманаева А. Ф. и др. Разработка ряда импортозамещающих спиральных холодильных компрессоров // Компрессорная техника и пневматика. 2021. № 3. С. 39-44.
13. Паранина О. Ю., Гарифов К. И., Сарманаева А. Ф. и др. Разработка высокоэффективного ряда импортозамещающих винтовых маслозаполненных компрессоров расширенной области применения // Компрессорная техника и пневматика. 2023. № 1. С. 21-26.
14. Хасанов Н. Г., Дубинин Е. В., Хуснутдинов И. Ф. и др. Численное моделирование характеристик центробежных компрессоров и турбин в АО «НИИТурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа» // Компрессорная техника и пневматика. 2023. № 2. С. 28-31.
15. Конов Д. Е., Хуснутдинов И. Ф., Салахов И. И. Порядок проведения газодинамических испытаний центробежных компрессоров и методы подтверждения параметров // Труды XI Международной научно-технической конференции молодых специалистов. Казань. 2022. С. 162-170.
16. Сарманаева А. Ф., Соколов Н. В., Ахметзянов А. М. и др. Импортозамещение компрессорного обо-

- рудования иностранного производства посредством реверс-инжиниринга // Сборник тезисов XIV научно-практической конференции молодых ученых и специалистов ООО «Газпром трансгаз Казань». Казань. 2024. С. 25-33.
17. Сарманаева А. Ф., Соколов Н. В., Паранина О. Ю. и др. Проблемные вопросы и пути их решения при проведении реверс-инжиниринга узлов компрессорных машин // Омский научный вестник. Серия авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2024. Т. 8. № 3. С. 53-60.
18. Сибгатуллин Р. Г., Абросимов Ю. А., Поморцев Е. Н. и др. Разгонно-циклические испытания рабочих колес из материала 18ХГТА // Компрессорная техника и пневматика. 2023. № 3. С. 42-45.
19. Добыть больше газа позволяют модульные компрессорные установки / под редакцией С. В. Правосудова // Журнал «Газпром». 2020. № 12. С. 46-49.
20. Биктимеров Ш. Ш., Сарманаева А. Ф., Калимуллин Ф. Ф. и др. Опыт создания серийной МКУ «Такат» для технологии распределенного компримирования на объектах добычи ПАО «Газпром» // Компрессорные технологии. 2021. № 5. С. 21-26.
21. Баткис Г. С., Ахметзянов А. М., Колочков А. Н. и др. Утилизация попутного нефтяного газа центробежными компрессорами с приводами от газотурбинных установок: опыт ОАО «Казанькомпрессормаш» (Группа ГМС) в поставке оборудования для ОАО «Сибуртюменьгаз» // Территория Нефтегаз. 2013. № 5. С. 60-63.
22. Корнилов А. Р. Опыт разработки системы автоматизации серийной модульной компрессорной установки для ООО «Газпром Добыча Ямбург» // Труды XIX Международной научно-практической конференции по компрессоростроению, посвященной 100-летию со дня рождения В. Б. Шнеппа. Казань. 2024. С. 65-80.
23. Ахметзянов А. М., Николаенко И. В., Якимов Д. Е. и др. Разработка и изготовление оборудования для нефтегазовой промышленности и энергетики // Газотурбинные технологии. 2024. № 4 (199). С. 6-12.
24. Патент RU 2675 296 С1. Модульный центробежный компрессор с осевым входом и встроенным электроприводом / Андрианов А. В., Ахметзянов А. М., Гузельбаев Я. З., Страхов Г. П., Якимов Д. Е. 2018, № 35.
25. Шатунов Д. Н., Хабибуллин И. И., Хуснутдинов И. Ф. Динамическое моделирование компрессорного оборудования в СПГ-проектах: повышение эффективности и надежности // Тезисы докладов IV Всероссийской научно-практической конференции. Москва. 2024. С. 106-110.
2. Kostyleva E. E., Khabibullin I. I. XIX International Scientific and Technical Conference on Compressor Technology Dedicated to the 100th Anniversary of V. B. Shnepp // Compressor Technology and Pneumatics. 2024. No. 3. P. 2.
3. Khasanov N. G., Khusnutdinov I. F., Murtazin R. F. et al. Calculation-experimental study of high-flow model stage of centrifugal compressor with increased sleeve ratio // Compressors and Pneumatics. 2022. No. 4. P. 37-39.
4. Biktimerov Sh.Sh., Skobelev R.Yu., Dubinin E. V. et al. Creation of a number of highly efficient turbine stages of turboexpander units. Prospects of application in various industries // Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference on Compressor Engineering dedicated to the 100th anniversary of V. B. Shnepp. Kazan. 2024. P. 197-203.
5. Guzelbaev Ya.Z., Khavkin A. L. Experimental determination of the surge limit for centrifugal compressors with oil and electromagnetic bearings without putting them into surge // Compressors and Pneumatics. 2018. No. 3. P. 25-28.
6. Khavkin A. L., Khusnutdinov I. F. Experience of implementation of anti-surge systems developed in JSC NII turbokompressor n.a. V. B. Shnepp // Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference on Compressor Engineering dedicated to the 100th anniversary of V. B. Shnepp. Kazan. 2024. P. 230-235.
7. Sokolov N. V., Baibekov R. R., Egorov A. G. Main aspects of reengineering of bearing assemblies for dynamic equipment // Proceedings of the XI-th International Scientific and Technical Conference. 2022. Part 2. P. 124-129.
8. Sokolov N. V., Yakimov D. E., Khadiev M. B. Results of development tests on the bench for support sliding bearings of centrifugal compressors // Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference of Young Specialists. Kazan. 2022. P. 294-299.
9. Khadiev M. B., Khamidullin I. V., Sokolov N. V. et al. Calculation of hydrostatically supported tilting pad journal bearing // Proceedings of the 15-th International Scientific and Technical Conference. Omsk. 2025. P. 20-28.
10. Sokolov N. V., Sarmanaeva A. F., Davletshin I. S. et al. Recommendations for designing and application of journal bearing materials for compressor machines // Compressors and Pneumatics. 2024. No. 1. P. 37-43.
11. Parania O.Yu., Parania Yu.A., Sarmanaeva A. F. et al. Parametric range of scroll compressors for air conditioning systems // Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference of Young Specialists. Kazan. 2022. P. 17-31.
12. Parania O.Yu., Parania Yu.A., Sarmanaeva A. F. et al. Development of a number of import-substituting scroll refrigeration compressors // Compressors and Pneumatics. 2021. No. 3. P. 39-44.

## REFERENCES

1. Kostyleva E. E., Khabibullin I. I. Science is on trend: JSC NII turbokompressor n.a. V. B. Shnepp opens its doors for adults and schoolchildren // Compressors and Pneumatics. 2025. No. 2. P. 57-58.
12. Parania O.Yu., Parania Yu.A., Sarmanaeva A. F. et al. Development of a number of import-substituting scroll refrigeration compressors // Compressors and Pneumatics. 2021. No. 3. P. 39-44.



13. Paranina O.Yu., Garifov K. I., Sarmanaeva A. F. et al. Development of a highly efficient range of import-substituting screw oil-flooded compressors for extended application // *Compressors and Pneumatics*. 2023. No. 1. P. 21-26.
  14. Khasanov N. G., Dubinin E. V., Khusnutdinov I. F. et al. Numerical modelling of characteristics of centrifugal compressors and turbines in JSC NII turbokompressor n. a. V. B. Shnepp // *Compressors and Pneumatics*. 2023. No. 2. P. 28-31.
  15. Konov D. E., Khusnutdinov I. F., Salakhov I. I. Procedure of gas-dynamic tests of centrifugal compressors and methods of parameter confirmation // *Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference of Young Specialists*. Kazan. 2022. P. 162-170.
  16. Sarmanaeva A. F., Sokolov N. V., Akhmetzyanov A. M. et al. Import substitution of foreign-manufactured compressor equipment by means of reverse engineering // *Collection of abstracts of the XIV Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists of Gazprom Transgaz Kazan*. Kazan. 2024. C. 25-33.
  17. Sarmanaeva A. F., Sokolov N. V., Paranina O.Yu. et al. Problematic issues and ways to solve them during reverse engineering of compressor design units // *Omsk Scientific Bulletin. Series of Aviation, Rocket and Power Engineering*. 2024. V. 8. No. 3. P. 53-60.
  18. Sibgatullin R. G., Abrosimov Y. A., Pomortsev E. N. et al. Acceleration-cyclic tests of the impellers made of 18KHGT steel // *Compressors and Pneumatics*. 2023. No. 3. P. 42-45.
  19. Modular compressor units allow to obtain more gas. / eds S. V. Pravosudov // *Journal Gazprom*. 2020. No. 12. P. 46-49.
  20. Biktimerov Sh. Sh., Sarmayeva A. F., Kalimullin F. F. et al. Experience of creation of serial modular compressor unit Takat for distributed compression technology at production facilities of PJSC Gazprom // *Compressor engineering*. 2021. No. 5. P. 21-26.
  21. Batkis G. S., Akhmetzyanov A. M., Kolochkov A. N. et al. Associated petroleum gas utilisation by centrifugal compressors driven by gas turbine units: experience of OJSC Kazankompressormash (HMS Group) in equipment supply for JSC Siburtiumengaz // *NEFT-EGAZ Territory*. 2013. No. 5. P. 60-63.
  22. Kornilov, A. R. Experience of automation system development for serial modular compressor unit for OOO Gazprom Dobycha Yamburg // *Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference on Compressor Engineering dedicated to the 100th anniversary of V. B. Shnepp*. Kazan. 2024. P. 65-80.
  23. Akhmetzyanov A. M., Nikolaenko I. V., Yakimov D. E. et al. Development and manufacture of equipment for oil and gas industry and power engineering // *Gas turbine engineering*. 2024. No. 4 (199). P. 6-12.
  24. Patent RU 2 675 296 C1 / Andrianov A. V., Akhmetzyanov A. M., Guzelbaev Ya. Z., Strakhov G. P., Yakimov D. E. 2018. № 35.
  25. Shatunov D. N., Khabibullin I. I., Khusnutdinov I. F. Dynamic Modelling of Compressor Equipment in LNG Projects: Increase of Efficiency and Reliability // *Abstracts of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference*. Moscow. 2024. P. 106-110.
- ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**
- А. В. Потапова** — кандидат химических наук, ведущий инженер по патентной и изобретательской работе;
- И. И. Хабибуллин** — кандидат технических наук, руководитель направления НИОКР;
- Д. Е. Якимов** — первый заместитель управляющего директора;
- Д. А. Елизаров** — директор по НИОКР.
- INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**
- A. V. Potapova** — PhD in Chemistry Lead Engineer for Patent and Invention Work;
- I. I. Khabibullin** — PhD in Engineering, Head of R&D;
- D. E. Yakimov** — First Deputy Managing Director;
- D. A. Elizarov** — R&D Director.
- Статья поступила в редакцию 02.06.2025; одобрена после рецензирования 23.06.2025; принята к публикации 09.07.2025.**
- Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**
- Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**