

# Компрессорная Техника и Пневматика



Compressors & Pneumatics

3/сентябрь  
2023

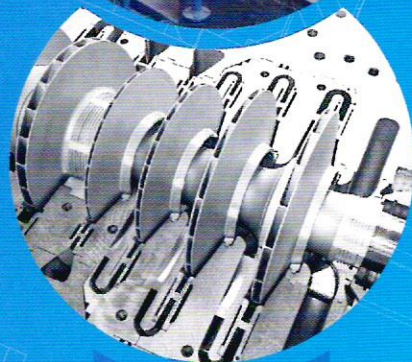
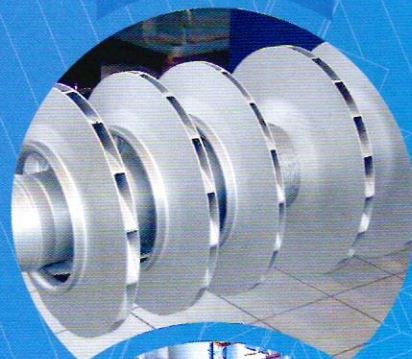


## НЕВИНТЕРМАШ

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ  
И НАГНЕТАТЕЛИ

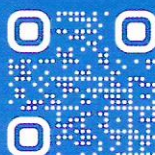
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ,  
ИЗГОТОВЛЕНИЕ, РЕКОНСТРУКЦИЯ  
И МОДЕРНИЗАЦИЯ ЦКМ**

Газодинамические испытания,  
инженерные услуги, экспертиза  
промышленной безопасности,  
пусконаладка, поставка  
запасных частей.



Санкт-Петербург  
пр. Добролюбова,  
11Е, пом. 147

+7 812 677 07 71  
[mail@nimturbo.ru](mailto:mail@nimturbo.ru)  
[nimturbo.ru](http://nimturbo.ru)





Научно-технический  
и информационный журнал

Журнал зарегистрирован  
в Минпечати РФ.  
Рег. свид. ПИ №7 – 11904

#### Учредители

Ассоциация компрессорщиков  
и пневматиков.  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный  
исследовательский технологический  
университет».

АО «НИИтурбокомпрессор  
им. В.Б. Шнеппа» (Группа ГМС).

#### Издатель

ФГБОУ ВО «КНИТУ»

#### Главный редактор

**Хисамеев И.Г.** - д.т.н., проф.,  
член-корр. АН РТ

Khislamiev I.G., d-r of Eng. Sc. Pnot,  
Corresponding Member of the AS RT  
igkhisameev@mail.ru

#### Зам. главного редактора

**Аляев В.А.** - д.т.н., проф.

Alyayev V.A., d-r of Eng. Sc. pnot

#### Ответственный секретарь

**Ханжин А.М.** Khanzin70143@mail.ru

#### Редакционная коллегия

**Амин Хаджу** – д.т.н. (Германия)  
Amin Haghjoo (Germany) PhD Technology  
Leader

**Бурмистров А.В.** - д.т.н., проф.

Burmistrov A.V., d-r of Eng. Sc. Pnot.

**Визгалов С.В.** - к.т.н.

Vizgalov S.V., cand. of Eng. Sc.

**Галеркин Ю.Б.** - д.т.н., проф.

Yu. B.Galerkin - d-r of Eng. Sc. Pnot.

**Демихов К.Е.** - д.т.н., проф.

Demikhov K.E. - d-r of Eng. Sc. Pnot.

**Захаренко В.П.** - д.т.н., проф.

Zakharenko V.P., d-r of Eng. Sc. Pnot.

**Игнатъев Д.К.** - к.т.н. (США)

Ignatiev D.K (USA), PhD (Eng).

**Кузнецов Л.Г.** - д.т.н., проф.

Kuznetsov L.G., d-r of Eng. Sc. Pnot.

**Кулагин В.А.** - д.т.н., проф.

Kulagin V.A., d-r of Eng. Sc. Pnot.

**Скрынник Ю.Н.** - к.т.н.

Skrynik Yu.N., cand. of Eng. Sc.

**Сухомлинов И.Я.** - д.т.н., проф.

Sukhomlinov I.Ya., d-r of Eng. Sc. Pnot.

**Цыганков А.В.** - д.т.н., проф.

Tsigankov A.V., d-r of Eng. Sc. Pnot.

**Шайхутдинов А.З.** - к.т.н.

Shaikhutdinov A.Z., cand. of Eng. Sc.

**Юша В.Л.** - д.т.н., проф.

Yusha V.L., d-r of Eng. Sc. Pnot.

**Ян Крысинский** – д.т.н., проф. (Польша)

Ian Krysiniski (Poland), D.Sc., PhD., D.h.c.

**Ян Кеннет Смит** – д.т.н., проф. (Англия)

Ian Kenneth Smith (UK), B.Sc (Eng), DIC, PhD

#### Дизайн и компьютерная верстка

**Ханжина М.А.**

#### Адрес редакции

420015, Казань, ул. К.Маркса, 68.

Тел. (843) 231-89-49

#### Журнал входит в перечень ВАК РФ

Юридическую ответственность  
за достоверность рекламы несут  
рекламодатели. Полная или частичная  
перепечатка материалов допускается только  
с письменного разрешения редакции.

© «Компрессорная техника и пневматика», 1991

Сдано в набор 14.09.2023

Подписано в печать 29.09.2023

Формат 60-90/8. Печать офсетная.

Усл.-печ. л. 5.0. Заказ 020825

Отпечатано в ООО «ВИЗАРД»

г. Казань, ул. Пр. Победы, д. 78, п. 413

# Компрессорная техника и Пневматика

Compressors & Pneumatics

3/сентябрь  
2023

## СОДЕРЖАНИЕ

**Конференция «Компрессорное оборудование  
и ГТУ для газотранспортной системы»** - восстановление  
традиции ежегодного Международного симпозиума «Потребители  
компрессоров и компрессорного оборудования» СПбПУ ..... 2

### Расчет и проектирование

**И.К. Прилуцкий, И.В. Наумчик, М.В. Помощник,  
Ю.И. Молодова, Ю.В. Татаренко.** Прогноз текущих  
и интегральных параметров ступени компрессора с линейным  
приводом при переменном ходе поршня и постоянной  
теоретической производительности ..... 6

**А.Г. Никифоров.** Ресурс бесшмазочных малорасходных  
поршневых компрессоров ..... 13

**И.М. Гаязов, Р.Ф. Шарафеев, А.Г. Егоров, И.Р. Сагбиев.**  
Численный анализ устойчивости штока оппозитного компрессора  
при применении газостатических опор скольжения ..... 18

**А.М. Ибраев, М.С. Хамидуллин, И.Г. Хисамеев.**  
Анализ возможности использования одноступенчатого цикла  
Карно для оценки эффективности двухступенчатых циклов  
парокомпрессионных холодильных машин ..... 23

### Техника

**И.В. Ворошилов, Д.Н. Копачев, В.В. Грицай, Д.С. Лопатин,  
С.А. Шашерина.** Освоение морского сегмента азотных станций  
как часть стратегии по импортозамещению ..... 26

### Эксплуатация

**А.Д. Ваняшов, Д.В. Бычков, А.А. Беликов.** Анализ фактических  
эксплуатационных режимов циркуляционных центробежных  
компрессоров водородсодержащего газа ..... 36

### Материалы

**Р.Г. Сибгатуллин, Ю.А. Абросимов, Е.Н. Поморцев,  
А.И. Галимзянов, З.Р. Габдрахманова, М.А. Ишмуратов,  
Р.Р. Гараев.** Разгонно-циклические испытания рабочих колес  
из материала 18ХГТА ..... 42

**ХІХ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ** по компрессорной технике, посвященная  
100-летию со дня рождения В.Б. Шнеппа (МНТК НТК 2024) ..... 46

# Освоение морского сегмента азотных станций как часть стратегии по импортозамещению

И.В. Ворошилов, Д.Н. Копачев (ООО «Краснодарский компрессорный завод»);  
В.В. Грицай, Д.С. Лопатин, С.А. Шашерина  
(ООО «Новая сервисная компания», станция Динская, Краснодарский край)

*В статье освещаются особенности разработки импортозамещающего оборудования для строящихся и, планируемых к постройке, гражданских судов большого тоннажа. Описан опыт ООО «Краснодарский компрессорный завод» в проектировании азотных станций для нефтяных танкеров, газовозов, многофункциональных судов ледового класса, плавучих баз комплексного обеспечения буровых работ (ПБКОВР) и прочих, в том числе, научно-исследовательских судов, а также меры, которые принимаются для замены импортных азотных станций на отечественные аналоги. Затрагиваются возможные экономические последствия такой замены. Приведены сравнительный анализ основных технических характеристик различных типов азотных станций, а также сравнение преимуществ и недостатков технологий получения азота.*

**Ключевые слова:** азотная компрессорная станция, генератор азота, газоразделительная мембрана.

## **Development of nitrogen stations as part of import substitution strategy at marine segment**

**I.V. Voroshilov, D.N. Kopachev** («Krasnodarsky Kompressorny Zavod», Limited Liability Company, Dinskaya Stanitsa);  
**V.V. Gritsay, D.S. Lopatin, S.A. Shasherina** («New Service Company» Limited Liability Company)

*The article describes the peculiarities of development of import-substitution equipment for civil vessels under construction and planned for construction of large tonnage. Experience of «Krasnodar Compressor Plant» LLC in engineering nitrogen stations for oil tankers, gas carriers, multi-functional ice class vessels, floating bases of complex provision of drilling operations and others, including research vessels, as well as measures taken to replace imported nitrogen stations with domestic counterparts. Possible economic consequences of such substitution are raised. A comparative analysis of the main technical characteristics of different types of nitrogen stations and a comparison of the advantages and disadvantages of nitrogen production technologies are given.*

**Keywords:** nitrogen compressor station, nitrogen generator, gas separation membrane.

В связи с нарастающим санкционным давлением и целью правительства Российской Федерации по достижению полного импортозамещения в судовой отрасли, возникла острая необходимость в разработке и постановке на производство азотных станций, входящих в состав судового комплектующего оборудования [1].

Импортозамещение является важной задачей для развития российской экономики. При наличии базовых компетенций технологического «ноу-хау» и соответствующих инвестиций, Россия может существенно сократить импорт и начать производство азотных станций на местных предприятиях.

Такой подход позволит не только укрепить отечественное производство и создать рабочие места, но и повысить безопасность гражданских судов. Более того, оборудование, разработанное в России и для российских судов, будет лучше интегрировано в общую производственную экосистему, как по части интеграции в проекты, так и по дальнейшей эксплуатации и обслуживанию.

Таким образом, импортозамещение азотных

станций для гражданских судов – это важное направление для развития российской экономики. При наличии государственной поддержки, новые производственные предприятия могут появиться в России и укрепить экономическую безопасность страны.

Одной из главных проблем является нехватка финансовых ресурсов. Для успешной реализации комплексных проектов необходимы значительные инвестиции, однако, не все предприятия могут позволить себе выделить достаточное количество денежных средств. Кроме того, в ряде случаев, реализация таких проектов связана с длительным периодом окупаемости, что также может отталкивать инвесторов.

В статье Гненного О. «Об импортозамещении: «Производители оборудования пользуются моментом, принимают условия и хотят развиваться», руководитель центра импортозамещения и локализации судового, комплектующего оборудования АО «ЦНИИ «Курс» Стоянов Д.О. отметил, что основными препятствиями к успешной реализации процесса импортозамещения являются следующие факторы:

– Неосведомленность верфей и КБ о производ-

ственных возможностях отечественных предприятий по производству судового оборудования.

– Нежелание российских производителей вкладывать собственные средства в разработку новых комплектующих для отечественного оборудования и новых сложных проектов.

– Разобщённость производителей.

В статье также отмечена существенная проблема, препятствующая локализации. Она заключается в отсутствии таможенных пошлин на готовый продукт для иностранных производителей, в то время как пошлины на комплектующие для производственной сборки завышены порой до 15%. Безусловно, такой перекокс негативно сказывается на рынке отечественной продукции.

Что касается иностранных партнёров, здесь тоже остро стоит вопрос локализации. Многие компании не понимают условий российского рынка [2– 3].

Российским производителям необходима законодательная и финансовая поддержка и одним из важнейших инструментов является Постановление Правительства Российской Федерации № 1872 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на финансовое обеспечение затрат на выполнение комплексных проектов по разработке, созданию и внедрению в серийное производство судового комплектующего оборудования» от 20 октября 2022 г.

ООО «Краснодарский компрессорный завод» (ООО «ККЗ») обладает необходимыми потенциалом для выполнения самых сложных проектов в области разработки, производства и поставки азотных станций. В настоящее время, практически все, используемые судовые азотные станции произведены за рубежом и, по большей части, в недружественных странах, что стало основой для реализации инновационных проектов по разработке и постановке на серийное производство азотных станций как судового комплектующего оборудования в рамках Постановления Правительства РФ № 1872, в соответствии со следующими техническими требованиями [4]:

– мембранный генератор азота с собственным компрессором производительностью 50 Нм<sup>3</sup>/ч, чистотой азота не менее 95%, точкой росы не выше -50°С для арктических танкеров-челноков дедвейтом 120 тыс. тонн (Проект 125), крупнотоннажных нефтяных танкеров дедвейтом 114 тыс. тонн типа Aframax, танкеров MR-класса дедвейтом 51 тыс. тонн (рисунок 1, 2, 3);

– мембранный генератор азота с собственным компрессором производительностью не менее 140 Нм<sup>3</sup>/ч, чистотой азота не менее 97%, точкой росы не выше -70° С для танкеров-газовозов ледового класса (Проект 129) (рисунок 4);



Рисунок 1 – Танкер типа «Афрамекс»



Рисунок 2 – Арктические танкеры-челноки проекта 125



Рисунок 3 – Танкеры MR-класса



Рисунок 4 – Газовоз класса «Ямалмакс»

– мембранный генератор азота с собственным компрессором, чистотой азота не менее 97%, точкой росы не выше -55° С для перспективных судов снабжения усиленного ледового класса МФЛС (Проект 23650) (рисунок 5);

– мембранный генератор азота с собственным компрессором производительностью не менее 18 Нм³/ч, чистотой азота не менее 99%, точкой росы не выше -55°С для плавучих баз комплексного обеспечения шельфовых работ (рисунок 6).

Разрабатываемые ООО «ККЗ» станции по производству азота могут применяться как на эксплуатируемых, проектируемых, так и на строящихся судах. Ниже представлены результаты анализа потребности в азотных станциях для российских судов [5].

Все генераторы азота на данных судах сегодня иностранного производства и, по истечении их эксплуатационных ресурсов, они потребуют ремонта, либо полной замены, без их запасных частей и сервиса дальнейшая работа генераторов невозможна. А так как страна взяла курс на импортозамещение су-

Российские танкеры для перевозки нефти и нефтепродуктов, а также нефтехимовозы Таблица 1

Нефтеналивные танкеры и танкеры для транспортировки нефтепродуктов	
Класс грузоподъемности	Количество
ULCC (свыше 320000 Т)	1
VLCC (160000– 320000 Т)	0
LR2 (80000 – 159999 Т)	13
Класс грузоподъемности LR1 (45000 – 79999 Т)	6
Класс грузоподъемности MR (25000 – 44999 Т)	8
GP (16500 – 24999 Т)	8
GP (6000 – 16499 Т)	81
Менее 6000 тонн грузоподъемности	241
Общее количество <b>358 судов</b>	
Нефтехимовозы	
Класс грузоподъемности	Количество
ULCC (свыше 320000 Т)	0
VLCC (160000– 320000 Т)	0
LR2 (80000 – 159999 Т)	0
Класс грузоподъемности LR1 (45000 – 79999 Т)	4
Класс грузоподъемности MR (25000 – 44999 Т)	4
GP (16500 – 24999 Т)	7
GP (6000 – 16499 Т)	75
Менее 6000 тонн грузоподъемности	77
Общее количество <b>167 судов</b>	



Рисунок 5 – Макет многофункционального ледокольного судна снабжения (МФЛС)



Рисунок 6 – Макет плавучей базы комплексного обеспечения буровых работ (ПБКОВР)

дладельцам важно сотрудничать с отечественными компаниями или искать поставщиков среди дружественных России государств.

В рамках проектов по постройке судов также возникнет необходимость в поставке генераторов азота, прогноз потребности в генераторах азота представлен в таблице 2.

Прогноз потребности в генераторах азота Таблица 2

Проект судна	Прогноз потребности
Газовоз «Ямалмакс», проект 129	30
Танкер Aframax	24
Арктический танкер-челнок 120 тыс. т	20
Танкеры MR-класса	6
МФЛС (для системы заправки вертолета)	4
МФЛС (для бурового оборудования)	4
ПБКОВР	Нет данных
ИТОГО	64

Азот в роли инертного газа находит широкое применение в промышленности, в том числе, нефтегазовой, поскольку является наиболее чистым от механических примесей и выгодным экономически.

Благодаря своим инертным свойствам, азот позволяет выполнять задачи, в которых особенно важны пожаро- и взрывобезопасность, а также препятствие, возникновению коррозии. Это достигается путем сведения к минимуму вероятности воспламенения при возникновении искры, электростатических разрядов, электрической дуги и прочих факторов.

Существует несколько технологий получения азота:

- Мембранный метод;
- Криогенная технология;
- Метод короткоциклового адсорбции.

Сравнительный анализ основных технических характеристик различных типов установок представлен на рисунке 7:

Сравнение преимуществ и недостатков технологий приведено в таблице 3.

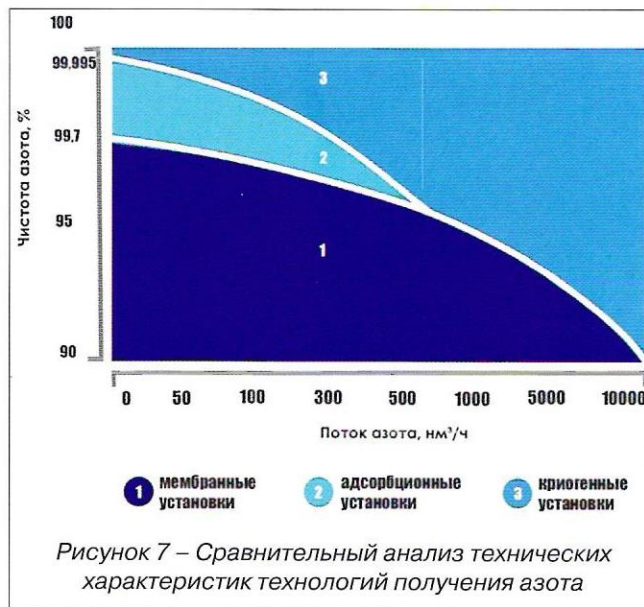
На основе вышеизложенного анализа, можно сделать вывод, что наиболее надежным и недорогим способом получения азота в технических объемах является использование установки на основе газоразделения мембранным методом.

Исходя из обширного опыта ООО «ККЗ» в производстве, поставке и обслуживании азотных станций, срок службы мембран зависит от качества воздуха. Основными проблемами в компрессорной технике являются: пыль, попадающая в компрессор, пары и капли масла, загрязняющие поверхность газораспределительных мембран. Дополнительной проблемой эксплуатации мембранных модулей в морских условиях становится загрязнение мембранного модуля аэрозолем морской соли. Поэтому, в процессе реализации комплексных проектов по импортзамещению, ООО «ККЗ» в компрессорных станциях будет применять инновационные мембранные модули собственного производства, которые смогут увеличить срок службы генераторов азота.

Срок службы иностранного мембранного модуля в реальных условиях составляет около двух лет непрерывной работы или 10000 наработанных часов. Для сравнения, заявленный срок службы мембраны Prism – десять лет, и около 70000 наработанных часов.

В целом, на срок службы влияют 3 фактора:

- а) засорение частицами и маслом;
- б) разрыв и укорачивание цепочек полимера из-за радиации и свободных радикалов, таких как атомарный кислород и озон;
- в) из-за перепада давлений и включения / выключения полое волокно перетирается в местах соединения с компаундом.



Было проведено тестирование влияния загрязнения на срок службы мембраны. Оказалось, что пыль забивает поры и уменьшает газопроницаемость в целом, но не сильно влияет на селективность. Масло проникает внутрь полимера и меняет селективность, а также сильно снижает проницаемость, что ухудшает газоразделение. Также масло нарушает адгезию между подложкой и селективным слоем, что приводит к растрескиванию и отслоению селективного слоя. При растворении использованных мембран, в осадке можно увидеть загрязнения мембран, работавших с обычными фильтрами (рисунок 8).

Исходя из опыта эксплуатации, перспективой для увеличения срока службы является использования



Метод	Преимущества	Недостатки
Мембранный	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Занимает минимальную площадь в сравнении с другими системам получения азота.</li> <li>2. Вырабатывает азот прямо на месте эксплуатации.</li> <li>3. Мобильность. Благодаря своей компактности, такая установка, помещенная в блок-контейнер, может быть помещена на шасси и перемещаться с объекта на объект.</li> <li>4. Простота регулировки производительность / чистота газа при помощи одного регулятора расхода на выходе.</li> <li>5. Нечувствительность метода к наличию в сжатом воздухе парообразной влаги.</li> <li>6. Газоразделительный блок (ГРБ) на основе мембран не требует регулярного обслуживания или замены.</li> <li>7. Длительный срок работы мембран (от 5 лет при хорошей подготовке воздуха), высокая стоимость, составляющая большую часть цены мембран всей азотной установки.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ограничения по чистоте получаемого азота (до 99,7 %).</li> <li>2. Чувствительность мембраны к наличию паров компрессорного масла и температуре подаваемого воздуха (необходимо использовать дополнительное оборудование для подготовки воздуха).</li> </ol>
Адсорбция	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможность получать азот высокой чистоты (до 99,995%).</li> <li>2. Возможность получения азота разной чистоты без экономических потерь при снижении чистоты азота.</li> <li>3. Возможность регенерации элементов адсорбции и продление данным действием срока службы установки.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не позволяет получать сжиженный газ.</li> <li>2. Чувствительность адсорбента к наличию паров компрессорного масла и температуре, подаваемого воздуха (необходимо использовать дополнительное оборудование для подготовки воздуха).</li> <li>3. Наличие в сжатом воздухе парообразной влаги вызывает снижение эффективности работы адсорбента, в связи с чем, обязательно требуется установка осушителя сжатого воздуха.</li> <li>4. Для изменения расчетной производительности и чистоты газа необходимы дополнительные программные настройки.</li> <li>5. Возможно попадание адсорбента (пыли) в трубопроводы после станции и засорение трубопроводов или других технологических систем потребителя.</li> <li>6. Сильно деградирует при воздействии соли.</li> <li>7. Требуется регулярного обслуживания и замены адсорбента.</li> <li>8. Низкая производительность.</li> </ol>
Криогенный	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая степень чистоты, получаемого газа, в том числе и кислорода.</li> <li>2. Высокая производительность оборудования.</li> <li>3. Возможность получения как газообразных, так и сжиженных продуктов разделения воздуха.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Требуют значительного времени для выхода на режим.</li> <li>2. Высокая изначальная стоимость оборудования.</li> <li>3. Включают в себя множество компонентов: систему очистки, тепло- и массообменное оборудование, детандер, систему автоматики, что влечет за собой сложность обслуживания и повышает вероятность отказов.</li> <li>4. Размещаются стационарно и занимают большую площадь.</li> <li>5. Требуют постоянного сообщения с объектом применения для регулярной доставки жидкого или газообразного азота в баллонах, что недопустимо для автономных проектов.</li> </ol>

мембранного модуля с фильтром на основе полимерных нановолокон с олеофильными свойствами. Для улавливания 99.5% капель масла размером более 60 нм средний размер поры должен быть не более 55 нм.

Фильтры выдерживают давление в нормальном режиме до 25 атмосфер, а в экстремальных режимах испытаний полых волокон – до 100 атмосфер и температуру до 90° С.

Нами предлагается метод промышленного производства нано-нитей, позволяющий получать нано-нити, вплоть до среднего диаметра в 10-15 нм. Разработана установка по изготовлению композитных полимерных нано-нитей диаметром менее 100 нм, с возможностью нанесения активного слоя. На рисунке 9 показаны нано-нити из полиамида-66 (нейлон), на котором достигнут минимальный диаметр 25 нм. Также показана возможность регулировать диаметр нано-волокон нейлона, для изготовления композитов (рисунок 10).

Были проведены испытания фильтров при эксплуатации с мембранными модулями по методу ускоренного старения, после чего фильтры были вскрыты и были сделаны фотографии на электронном микроскопе. На рисунке 11 показано загрязнение фильтра, при эксплуатации мембранного модуля. На рисунке 12 показано распределение частиц коפותи, использованных в испытаниях.

При использовании стандартных фильтров, эти загрязнения оказались бы на поверхности полых волокон мембранного модуля. Что существенно влияет на срок службы [6].

Одним из основных преимуществ наших мембран является то, что полученный азот обладает высокой сухостью, с низкой точкой россы, в отличие от импортных мембран, работающих в тех же условиях. Риск кристаллизации элементов смеси инертных газов снижается и снижается риск выхода магистрального (трубо-транспортного) оборудования из строя. Поэтому использование данных фильтров на нановолнистых материалах увеличивает срок службы мембранных модулей с двух до восьми лет [7-8].

Благодаря собственному конструкторскому бюро и оперативному внедрению запатентованных инновационных решений, завод может разрабатывать и предлагать заказчикам самые прогрессивные модели азотных станций морского базирования. Всё оборудование производится по конструкторской и технологической документации собственной разработки.

Компания имеет значительный опыт в реализации различного рода инновационных проектов, что подтверждается более чем тремястами патентов на изобретения, полезные модели и промышленные об-

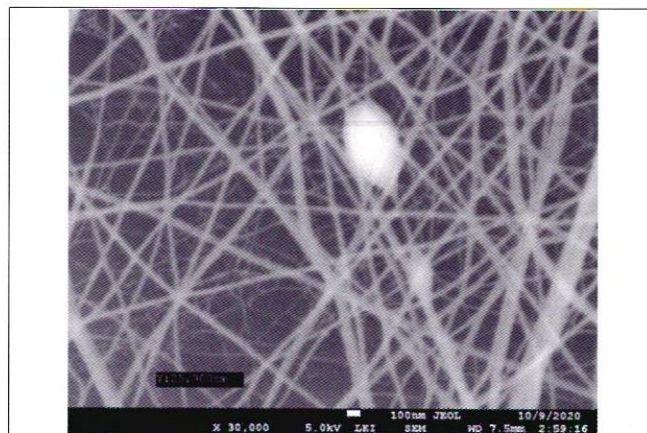


Рисунок 9 – Сверхтонкие полимерные нано-нити полиамид-66 (нейлона). Диаметр нано-нитей доходит до 25 нанометров



Рисунок 10 – Нано-нити нейлона диаметром 150-400 нанометров

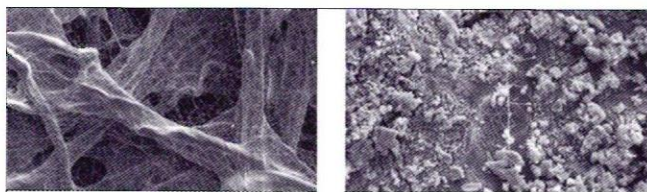


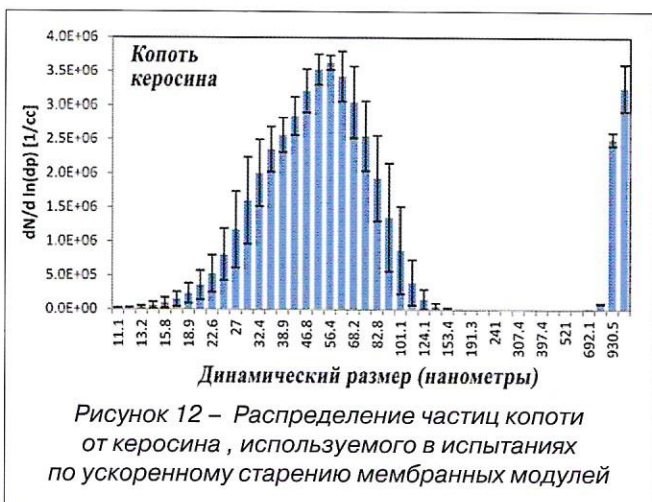
Рисунок 11 – Фильтр из нановолокон до и после загрязнения

разцы. В частности, двадцатью патентами на азотные станции [9-28].

Азотные и компрессорные станции серии ТГА являются лауреатами конкурса «Сто лучших товаров России» – обладателями золотого знака, они также отмечены специальной наградой – Кубком победителя «За успехи в импортозамещении».

Азотные станции серии ТГА в морском исполнении применяются для освоения и ремонта газовых и нефтяных скважин, повышения нефтеотдачи пластов (коэффициента извлечения нефти), очистки и





испытаний трубопроводов, обеспечения пожаробезопасности на морских платформах [29-30]. Обеспечивают надёжную и эффективную работу в самых разнообразных условиях. Это подтверждает многолетний опыт успешных поставок воздушных компрессоров и компрессорных станций производства ООО «ККЗ» на морские суда геофизических и геологоразведочных компаний, таких как ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (МАГЭ) и ОАО «Дальморнефтегеофизика»:

– в 2015 г. АО «МАГЭ» поставлен компрессор 2ВМ2,5-5/221 (авиадоставка в г. Шанхай, с последующим монтажом в сухом доке внутри судна). Производительность 5 нм<sup>3</sup>/мин, давление 220 бар, электропривод 90 кВт, масса 4 500 кг (рисунок 13).

– в 2017 г. ОАО «Дальморнефтегеофизика» была также поставлена компрессорная станция ТГА-9/141 (доставка в Южно-Сахалинск, с последующим монтажом на открытую палубу) на раме-скид. Производительность 9 нм<sup>3</sup>/мин, давление 141 бар, дизельный привод, масса 5 700 кг (рисунок 14).

– в 2019 г. АО «МАГЭ» поставлена компрессорная станция ТГА-10/220 (доставка в г. Мурманск, с последующим монтажом на открытую палубу) в блочно-модульном исполнении. Производительность 10 нм<sup>3</sup>/мин, давление 220 бар, дизельный привод, масса 11 000 кг, в комплекте система осушки воздуха до минус 20°С (рисунок 15).

– в 2021 г. АО «МАГЭ» поставлен компрессор 4ВМ2,5-15/151 (доставка в г. Мурманск, с последующим монтажом внутрь судна через технологические переборки). Производительность 15 нм<sup>3</sup>/мин, давление 151 бар, электропривод 160 кВт, масса 7 500 кг (рисунок 16).

Данный опыт также учитывается компанией ООО «ККЗ» в ходе новых разработок установок по производству азота, с учетом специальных требований флота, а также сертифицирующих органов РМРС.

Разработка азотных станций для морского применения – это вопрос не только получения азота, но и соблюдения ряда требований, предъявляемых к судовому комплектующему оборудованию, в том числе, Правила РМРС, конвенция SOLAS-74:

1. Генераторы азота должны иметь свидетельство типового одобрения РМРС (форма 6.8.3) и соответствовать требованиям Международного кодекса

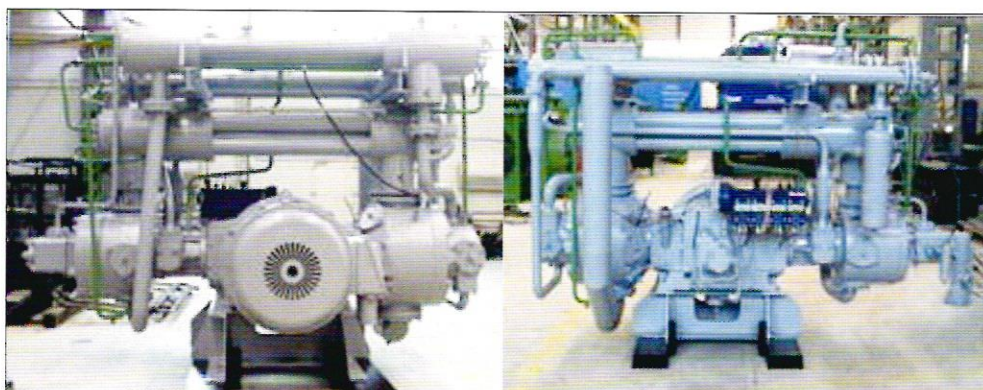


Рисунок 13 – Компрессорная станция 2ВМ2,5-5/221

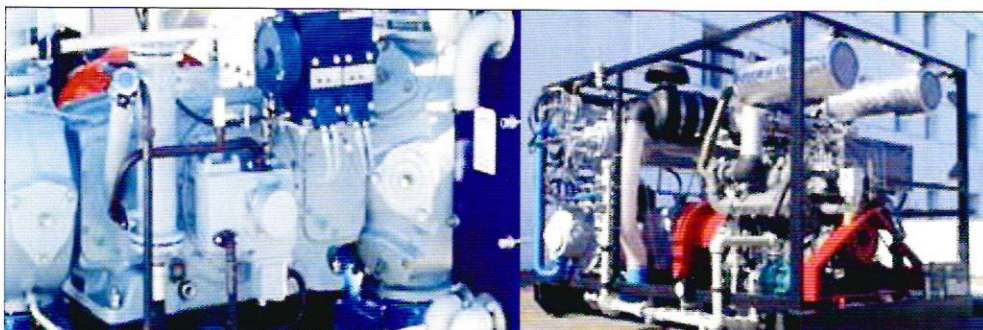


Рисунок 14 – Компрессорная станция ТГА-9/141



Рисунок 15 – Компрессорная станция ТГА-10/220



Рисунок 16 – Компрессорная станция 4ВМ2,5-15/151

по системам противопожарной безопасности к перевозке горючих жидкостей с температурой вспышки 60°C и ниже, с учетом резолюции ИМО MSC.367(93).

2. Тип установки получения азота не ограничивается правилами РМРС или иными нормативными документами.

3. Используемые материалы должны соответствовать требованиям РМРС и обеспечивать защиту от коррозии.

4. Массогабаритные характеристики установки получения азота должны соответствовать возможности их установки в машинных отделениях, с учетом требований к их размещению, согласно требованиям Правил РМРС.

5. Для снижения риска срыва поставок в условиях санкционного давления судовых установок получения азота, необходимо соблюсти требования по локализации, отраженной в Постановлении Правительства РФ от 17 июля 2015 г., № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» и иными нормативными документами [31-32].

Важно отметить, что проекты, выполняемые в рамках Постановления Правительства РФ № 1872 и, субсидируемые Минпромторгом, являются комплексными, что предполагает, с одной стороны, модернизацию, существующего производства ис-

полнителем проекта, с другой – реализацию производственной серийной продукции, в первую очередь, на отечественном рынке.

Краснодарский компрессорный завод успешно выполняет работы в рамках федерального проекта «Стимулирование спроса на отечественную продукцию судостроительной промышленности» государственной программы РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений».

Новые разработки и модели на их основе позволят провести полное импортозамещение судовых установок по производству азота и исключить зависимость от импорта, получить современные характеристики и конструкции, исполнение всех моделей в транспортном габарите и со стабильной концентрацией азота на выходе из станции. Применение оппозитных поршневых компрессоров «ККЗ» с уникальной технологией уравнивания позволит исключить вибрации, которые пагубно влияют на конструкцию морских судов и платформ. Оппозитная конструкция, применяемых в ряде моделей, компрессоров позволяет существенно снизить центр тяжести всей азотной установки, благодаря этому существенно улучшится остойчивость судов, применяющих азотные установки данной линейки. Специальный масляный картер, встроенный в раму компрессора, позволит исключить масляное голодание при расквашивании

судна в процессе движения [33-34].

Работа по НИОКР позволит обеспечить текущие и перспективные потребности российской экономики и промышленности.

Краснодарский компрессорный завод является гордостью России и продолжает достойно представлять свои интересы на международной арене. Работы завода отмечены множеством грамот и официальных благодарностей от заказчиков, как в СНГ, так и стран дальнего зарубежья.

Завод уверенно движется по пути обеспечения технологического суверенитета России.

### Список литературы

1. Об утверждении плана мероприятий по импортозамещению в судостроительной отрасли Российской Федерации на период до 2024 г. и о признании, утратившим силу, приказа Минпромторга России от 1 марта 2019 г., № 580: Приказ Минпромторга России от 02.08.2021 г., № 2916. – Доступ из справочно-правовой системы Консультант Плюс.
2. Гненной, О. Об импортозамещении: «Производители оборудования пользуются моментом, принимают условия и хотят развиваться» // *Корабел РУ*. 2021. № 3 (53). – С. 132–147.
3. Гненной О. Верфи еще не до конца понимают, как работать с 719-м постановлением» // *Корабел РУ*. 2023 г. №1 (59). – С. 42–51.
4. Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на финансовое обеспечение затрат на выполнение комплексных проектов по разработке, созданию и внедрению в серийное производство судового комплектующего оборудования: постановление Правительства Рос. Федерации от 20 окт. 2022 г. № 1872. – Доступ из справочно-правовой системы Консультант Плюс.
5. ООО «ККЗ». Отчет. Разработка установки по производству азота. «Замещение – Азотная станция». № НИОКР: ККЗ/12.22-Н. Соглашение от 20.12.2022 г. № 020-11-2022-1807.
6. Полимерные нановолокна для фильтрации воздуха перед газоразделительными мембранами / *И. В. Ворошилов, Д. С. Лопатин, О. А. Баранов [и др.]* // Эффективное применение в проектах компрессорного, газоразделительного и энергосберегающего оборудования: Сборник трудов III-й научно-технической конференции, станица Динская, 7–8 октября 2021 года. – Краснодар: ООО «Контур», 2021. – С. 96–129. – EDN ILOSSP.
7. Патент 174060 U1 Российская Федерация, МПК В01D 53/00. Установка мембранного газоразделения: №2016139923: заявл. 10.10.2016: опубл. 28.09.2017/ *Ворошилов И.В., Мальцев Г.И.*; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Тегас».
8. Патент 147148 U1 Российская Федерация. Газоразделительное устройство: №2014120961/05: заявл. 23.05.2014: опубл. 27.10.2014 / *Ворошилов И.В., Блохин К.А.*; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский компрессорный завод».
9. Патент 114490 U1 Российская Федерация, МПК F04B 41/00. Передвижная азотная компрессорная станция: № 2011143263/06: заявл. 26.10.2011: опубл. 27.03.2012/ *Ворошилов И.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский компрессорный завод».
10. Патент 135268 U1 Российская Федерация. МПК В01D 53/00. Генератор азота: №2013122184/05: заявл. 14.05.2013: опубл. 10.12.2013/ *Ворошилов И.В. Чумак А.П.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский Компрессорный завод».
11. Патент 139807 U1 Российская Федерация, МПК F04B 41/00. Компрессорная станция азотная мобильная: №2013111405/06: заявл. 13.03.2013: опубл. 20.04.2014/ *Ворошилов И.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский компрессорный завод».
12. Патент 138766 U1 Российская Федерация. МПК F04B 41/06. Передвижная азотно-воздушная компрессорная станция (варианты): №2013118882/06: заявл. 23.04.2013: опубл. 20.03.2014/ *Ворошилов И.В., Юрьев А.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский компрессорный завод».
13. Патент 2791690 C1 Российская Федерация, МПК F04B 53/10, F16K 27/00. Азотная компрессорная станция: №2022106760: заявл. 15.03.2022: опубл. 13.03.2023/ *Ворошилов И.В., Мельник А.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Новая сервисная компания».
14. Патент 212011 U1 Российская Федерация, МПК F04B 41/00. Передвижная азотная компрессорная станция: №2020133205: заявл. 08.10.2020: опубл. 01.07.2022/ *Ворошилов И.В., Мельник А.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский компрессорный завод».
15. Патент 202544 U1 Российская Федерация, МПК F04B 41/00. Передвижная азотная компрессорная станция: № 2020139406: заявл. 01.12.2020: опубл. 24.02.2021/ *Ворошилов И.В., Мельник А.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский компрессорный завод».



16. Патент 202563 U1 Российская Федерация, МПК F04B 41/00. Передвижная азотная компрессорная станция: № 2020139426: заявл. 01.12.2020: опубл. 25.02.2021/ *Ворошилов И.В., Моренко В.С., Комиссаров С.Н.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский Компрессорный завод».

17. Патент 2659264 C1 Российская Федерация, МПК B01D 53/00. Азотная компрессорная станция (варианты): № 2020133208: заявл. 07.06.2017: опубл. 29.06.2018/ *Ворошилов И.В., Мальцев Г.И.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной «Тегас».

18. Патент 101323 Российская Федерация. Станция компрессорная азотная: №2020133208: заявл. 26.08.2015: опубл. 10.01.2017/ *Ворошилов И.В., Кошаков А.Ю.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Тегас».

19. Патент 2659264 C1 Российская Федерация, МПК B01D 53/00. Азотная компрессорная станция (варианты): №2020133208: заявл. 07.06.2017: опубл. 29.06.2018/ *Ворошилов И.В., Мальцев Г.И.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Тегас».

20. Патент 102768 Российская Федерация Передвижная станция компрессорная азотная: №2014503029: заявл. 05.08.2014: опубл. 27.03.2017/ *Ворошилов И.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Тегас».

21. Патент 103071 Российская Федерация. Передвижная станция компрессорная азотная: №2014502998: заявл. 01.08.2014: опубл. 18.04.2017/ *Ворошилов И.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Тегас».

22. Патент 101323 Российская Федерация. Станция компрессорная азотная: №2020133208: заявл. 26.08.2015: опубл. 10.01.2017/ *Кошаков А.Ю., Ворошилов И.В.*, заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Тегас».

23. Патент 102768 Российская Федерация. Передвижная станция компрессорная азотная: №2020133208: заявл. 05.08.2014: опубл. 27.03.2017/ *Ворошилов И.В., Мальцев Г.И.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Тегас».

24. Патент 103071 Российская Федерация. Передвижная станция компрессорная азотная: №2014502998: заявл. 01.08.2014: опубл. 18.04.2017/ *Ворошилов И.В., Мальцев Г.И.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной «Тегас».

25. Патент 161848 U1 Российская Федерация, МПК F04B 41/00. Азотная компрессорная станция СДА-50/25: №2015147943/06: заявл. 06.11.2015:

опубл. 10.05.2016/ *Ворошилов И.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Тегас».

26. Патент 2539409 C1 Российская Федерация, МПК F04B 41/00. Азотная компрессорная станция: №2013129216/06: заявл. 25.06.2013: опубл. 20.01.2015/ *Ворошилов И.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский компрессорный завод».

27. Патент 2549654 C2 Российская Федерация, МПК E21B 43/00, F04B 41/00. Азотная компрессорная станция для повышения нефтеотдачи пластов (варианты): №2012152183/03: заявл. 04.12.2012: опубл. 27.04.2015/ *Мальцев Г.И., Ворошилов И.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский компрессорный завод».

28. Патент 150914 U1 Российская Федерация, МПК F25J 3/00, F04B 41/00. Передвижной азотный компрессорный комплекс: №2014120954/06: заявл. 23.05.2014: опубл. 10.03.2015/ *Ворошилов И.В., Юрьев А.В.*; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский компрессорный завод».

29. *Родиченко А.В., Шулекин П.Б., Мельник А.В.* Азотные станции серии ТГА: безопасность шахт и азотное пожаротушение // Нефть. газ. Новации. 2022. № 7. - С. 49-51.

30. *Ворошилов И.В., Мельник А.В., Шулекин П.Б.* Компрессорная техника ККЗ для освоения месторождений нефти и газа на арктическом морском шельфе // Нефть. газ. Новации. 2021. № 10. - С. 53-57.

31. «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» и иными нормативными документами: Постановление Правительства РФ от 17 июля 2015 г., № 719 – Доступ из справочно-правовой системы Консультант Плюс.

32. Российский морской регистр судоходства: сайт. Санкт-Петербург, 2023. URL: <https://rs-class.org/> (дата обращения: 20.06.2023 г.).

33. Анализ рабочих процессов и оценка уровня механического КПД поршневых компрессоров с линейным приводом для систем газоснабжения и жизнеобеспечения объектов вооружения / *И. В. Ворошилов, А.В. Казимиров А.В., Ю.И. Молодова* [и др.] // Труды военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2019. № 671.- С. 259-279.

34. *Ворошилов И.В., Владыкин Д.В.* Применение азотных компрессорных станций промышленной группы «Тегас» в операциях по повышению нефтеотдачи пластов // Бурение и нефть. 2010. № 10.- С. 58-59.

