

УДК 621.56

Современное состояние и перспективы развития холодильного компрессоростроения. Часть 1. Рынок и производство

Д-р техн. наук В. А. ПРОНИН¹, А. В. КОВАНОВ², В. А. ЦВЕТКОВ¹

¹Университет ИТМО

²ООО «О'КЕЙ»

E-mail: wadimtsvetkov@mail.ru

В статье проведена оценка современного состояния и перспектива развития холодильного компрессоростроения. Рассмотрены, как общемировой, так и отечественный рынки, проведено их сравнение с точки зрения занятых в данной области предприятий и выпускаемой ими продукции. С этой целью, выделены наиболее востребованные технологии объемного сжатия и приведена статистика рынка холодильных компрессоров, рассмотрены как объемы их производства, так и объемы потребления различными секторами холодильной отрасли. При этом подробно рассматриваются: современное состояние и перспективы рынка с учетом последних событий экономического и политического характеров, которые несомненно внесли очень ощутимые коррективы в сферу компрессоростроения. Отдельное внимание уделено развитию Российского рынка, вопросам импортозамещения. Подробно рассмотрены наиболее выгодные сегменты применения, для каждой, из представленных в статье технологий, оценено текущее состояние отрасли холодильного компрессоростроения, перераспределения запросов рынка, а также проведен прогноз дальнейших перспектив развития отрасли как в РФ, так и за рубежом.

Ключевые слова: холодильный компрессор, развитие технологии компрессоров, компрессоростроение, холодильная промышленность, тенденции в холодильной индустрии.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 15.12.2022, одобрена после рецензирования 12.01.2023, принята к печати 23.01.2023

DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-10-22

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Пронин В. А., Кованов А. В., Цветков В. А. Современное состояние и перспективы развития холодильного компрессоростроения. Часть 1. Рынок и производство. // Вестник Международной академии холода. 2023. № 1. С. 10–22.
DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-10-22

State of the art and prospects for refrigerating compressor industry. Part 1. Market and production

D. Sc. V. A. PRONIN¹, A. V. KOVANOV², V. A. TSVETKOV¹

¹ITMO University

²LTD «OKAY»

E-mail: wadimtsvetkov@mail.ru

The article describes state of the art and prospects for refrigerating compressor industry. Both Russian and world market are analyzed and compared in terms of the enterprises in the industry and their production. The most sought-after technologies of volumetric compression are identified and the statistics if the refrigerating compressor market is shown. Both volumes of refrigerating compressor production and their consumption by various sectors of the industry are considered. The state of the art and the prospects of the market are analyzed in details taking into account recent economic and political events, which are sure to have influenced compressor industry greatly. Special attention is paid to the issues of Russian market and import substitution. For each kind of the technologies presented in the article, the most profitable areas of application are considered in details. Current state of the compressor industry and the changes of its market demands are evaluated. Future prospects of the market both in the Russian Federation and abroad are predicted.

Keywords: refrigerating compressor, advancements in compressor technology, compressor industry, refrigerating industry, trends in refrigerating industry.

Article info:

Received 15/12/2022, approved after reviewing 12/01/2023, accepted 23/01/2023

DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-10-22

Article in Russian

For citation:Pronin V. A., Kovanov A. V., Tsvetkov V. A. State of the art and prospects for refrigerating compressor industry. Part 1. Market and production. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2023. No 1. p. 10–22. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-10-22**Введение**

Роль холодильных систем в современном мире, которые проникли буквально во все сферы жизни и деятельности человека, трудно переоценить, а, следовательно, огромное значение играют компрессоры, которые являются «сердцем» любой холодильной машины. Большинство холодильного оборудования в промышленном, коммерческом и бытовом секторах использует компрессоры объемного сжатия, в мире их насчитывается миллиарды. Только ежегодный выпуск таких компрессоров превышает 230 млн шт. Такое положение дел естественно вызывает огромный интерес производителей к данной области, а энергоемкость компрессорного оборудования и общие тенденции развития холодильной техники, диктует необходимость совершенствования технологий.

Чтобы адекватно оценить современное состояние и перспективу развития холодильного компрессоростроения в статье рассмотрены, как общемировой, так и отечественный рынки, проведено их сравнение с точки зрения занятых в данной области предприятий и выпускаемой ими продукции.

Области и сферы применения компрессоров объемного принципа действия

Холодильные компрессоры объемного сжатия занимают большую часть рынков низкотемпературной и климатической техники, что делает целесообразным провести обзор состояния данного вопроса в представленной статье.

Компрессорная техника в значительной степени определяет технический уровень, энерговооруженность и эффективность той области, где она применяется. Кроме того, наличие в стране современных высокотехноло-

гичных предприятий и исследовательских центров, необходимых для создания сложной компрессорной техники, говорит об общем уровне развития и потенциале государства.

Одна из наиболее значимых областей применения для компрессоростроения — это холодильная отрасль, использующая практически все известные типы машин объемного и динамического принципа сжатия. Учитывая стратегическое значение, главным образом, таких сфер холодильной отрасли, как пищевая, нефтехимическая промышленность, медицина и системы жизнеобеспечения, переоценить значимость холодильного компрессоростроения невозможно.

Степень востребованности любой технологии в области ее применения, зависит как от конъюнктуры рынка, так и от уровня совершенствования самой технологии. На сегодняшний день для холодильной техники, среди компрессоров объемного сжатия, наибольшее распространение получили: поршневая, винтовая, спиральная и ротационная технологии. Области применения представлены на рис. 1.

Преимущества и особенности технологий, в определенном смысле обуславливают сферы и области их применения. Пожалуй, самым распространенным, до сих пор, остается поршневой компрессор (ПК), который может работать в широкой области температур и давлений охватывая диапазон от высокотемпературных значений, при кипении выше $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, до низкотемпературных, при кипении ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Традиционная сфера применения ПК — пищевая промышленность, где ими обеспечивается холодопроизводительность до 250 кВт. В области, где требуется более высокая холодопроизводительность, используются винтовые компрессоры (ВК), имеющие

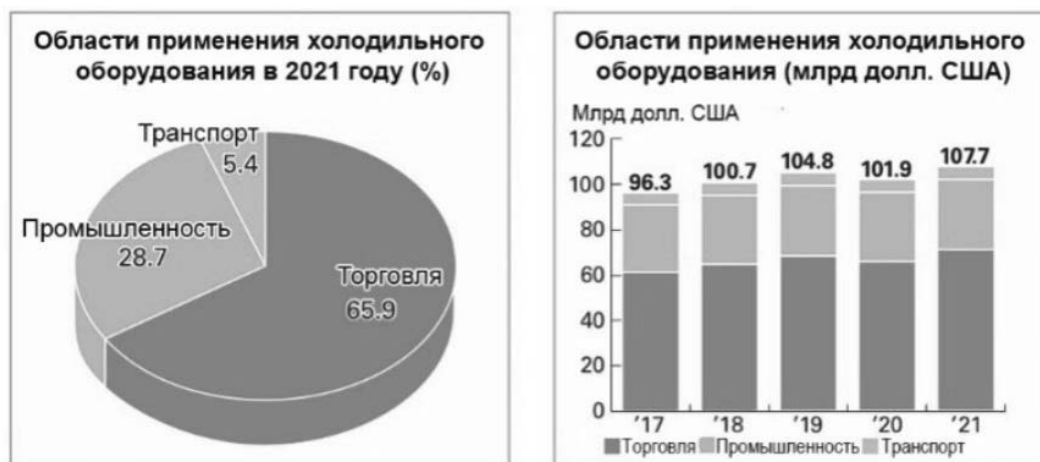


Рис. 1. Статистические данные по областям применения холодильного оборудования 2017–2021 гг. [1]

Fig. 1. Refrigerating equipment — areas of application (2017–2021) [1]

возможность широкого диапазона регулирования производительности. Такие компрессоры полностью оправдывают себя в крупных промышленных чиллерных установках, на пищевых производствах и холодильных складах. Спиральные компрессоры (СПК) имеют высокий эффективный КПД до 86%, что делает их сопоставимыми по эффективности с бессальниковыми (полугерметичными) поршневыми компрессорами, при этом количество деталей в них меньше практически в два раза. А учитывая меньшую стоимость при сопоставимой производительности, в сравнении с винтовыми компрессорами, помогает им конкурировать в области средней холодопроизводительности с этими технологиями, в основном это климатехника и коммерческий холод. Компрессоры ротационного типа (РК), с экономической точки зрения, выгодно используются в автономных системах с малой холодопроизводительностью, до 3 кВт. При этом ротационно-пластинчатые компрессоры практически не уступают поршневым компрессорам по КПД и превосходят их в быстротходности, компактности, уравниваемости, надежности. А сдвоенные модели РК позволяют конкурировать с СПК в сферах их применения в диапазоне свыше 3 кВт.

Текущая ситуация в сегменте компрессорного оборудования, определяемая общими изменениями на рынке холодильных систем. Доли рынка между КМ объемного сжатия

Промышленность ежегодно [2]–[4] выпускает около 200 млн ротационных, 20 млн спиральных, 650 тыс. поршневых и 122 тыс. винтовых холодильных компрессоров. Их производство в мировых масштабах достаточно сбалансировано, что можно объяснить, прежде всего, малым колебанием спроса из-за широкого использования компрессоров в различных сферах холодильной отрасли. На привод компрессоров в промышленно развитых странах затрачивается в среднем до 20% всей вырабатываемой электроэнергии [5], а по данным Международного института холода, холодильная техника и системы кондиционирования воздуха потребляют около 17% электроэнергии во всем мире [6], что делает поиск энергоэффективных решений все более актуальным [7].

Увеличение мощности холодильных складов заметно стимулирует производство холодильных компрессоров открытого типа, средней и большой мощности. Их доля, в силу ряда преимуществ, в 2019 г. составила 25% от рынка холодильных компрессоров, и такая тенденция ожидалась в будущем. Так, например, в 2018 г. мировая вместимость холодильных складов увеличилась до 616 млн кубометров, что на 2,67% больше, чем в 2016 г. Объем рынка холодильных компрессоров в 2019 г. составил 66,9 млрд \$ США, а среднегодовой темп роста отрасли в период с 2020 по 2026 г. по прогнозам JARN составит 4,4% даже с учетом пандемии. Covid19 способствовал росту спроса компрессоров за счет увеличения потребности в хранении и перевозке лекарств и вакцин и повышения загрузки холодильных цепочек. Так же на загрузку рынка оказывает влияние растущий объем производства продовольственной продукции, нуждающийся в сезонном хранении.

Предполагалось, что сегмент холодопроизводительности ниже 100 кВт продемонстрирует потенциальные

перспективы роста со среднегодовым темпом роста 2,8% благодаря их применению в бытовых холодильных установках. Особые требования к охлаждению воздуха в новых зданиях, включая жилые дома и сектор услуг, в значительной степени способствуют увеличению спроса на продукцию. К зданиям сферы обслуживания относятся офисы, учебные заведения, гостиницы, спортивные комплексы и др. Новые жилые дома, в которых установлены высокоэффективные охлаждающие устройства, обеспечат положительные перспективы роста отрасли [4].

Пандемия в будущем может внести свои коррективы, так в 2020 г. она резко обвалила продажи систем кондиционирования бытового и коммерческого назначения на таких растущих рынках, как Китай, Индия, Юго-Восточная Азия и Латинская Америка. Во второй половине 2020 г. ускорилось восстановление китайского рынка коммерческих систем кондиционирования, однако в остальных странах ситуация в коммерческом сегменте остается сложной. В США, Японии, странах Европы и в Австралии за счет перехода на домашнюю занятость и благодаря государственным субсидиям спрос на бытовые кондиционеры воздуха сохранился на доковидном уровне или даже немного вырос [2].

На сложившихся рынках США и Европы, и в развивающихся странах Азии спрос на холодильные компрессоры очень устойчив. В Европе и США мощным стимулом для компрессорной индустрии является беспрецедентное распространение технологии теплового насоса. Так же в Европе, заметную часть спроса обеспечивает потребность в модернизации, связанная с ускорением вывода фторсодержащих хладагентов из употребления. Значительные изменения в мировой индустрии продовольственной розницы способствуют увеличению спроса на холодильные компрессоры в целом по регионам [2].

Если собрать периодические данные статистических изданий, можно легко заметить, что количество работающих сегодня в мире холодильных компрессоров миллиарды. Внушает и объем потребляемой ими электроэнергии, о чем можно судить по общемировому объему потребляемой холодильной техникой энергии, это более 17% [6], где основным энергоемким элементом является компрессор. По данным источника [2] на 2019–2020 гг. Азиатско-Тихоокеанский регион занимал более 50% объема рынка холодильных компрессоров. Развивающиеся страны, демонстрирующие более высокую степень экономического роста, в основном расположены в тропических регионах. Следовательно, существует постоянная потребность в воздушном охлаждении для повышения комфорта населения в этих регионах. Увеличение доли среднего класса и более высокие пороги дохода открывают потенциальные возможности для использования холодильников и кондиционеров. В Северной Америке к 2026 г. прогнозируется рост доли компрессорной техники около 3%. Расширение логистики холодовой цепи для перевозки мяса и морепродуктов, молочных продуктов, кондитерских изделий и мороженого значительно увеличит размер сегмента в прогнозируемые сроки. Более того, региональные государственные органы предлагают возможности финансирования для сокращения углеродного следа. Например, в Канаде выделено 12 млн \$ США компании Loblaw

Companies Ltd. для установки холодильных систем с низким уровнем выбросов в 370 магазинах. Это значительно повысит региональный спрос на компрессоры в прогнозируемые сроки [8].

Передовые интегрированные производители, такие как Gree Electric Appliances Inc., LG, Daikin и другие, стремятся проникнуть на этап производства сырья для создания надежной цепочки поставок. Например, в августе 2018 г. Gree Electric Appliances Inc. объявила о своих планах по созданию производства микрочипов для компрессоров с инверторным приводом [8]. Это позволит компании самостоятельно поставлять чипы для кондиционеров, что еще больше повысит их рентабельность. Крупнейшие отраслевые участники рынка холодильных компрессоров, включают: Guangdong Meizhi Compressor Co., Ltd. (GMCC), Bitzer, Danfoss, Emerson, Daikin, LG, Rechi Precision и др.

Частная текущая ситуация в сегментах компрессоров объемного сжатия 2020–21 гг.

1. Поршневые компрессоры

В 2020 г. мировой спрос на полугерметичные компрессоры поршневого типа оценивался в 572 900 ед. оборудования, что на 8% больше, чем в 2019 г., а в 2021 г. мировой спрос на полугерметичные компрессоры поршневого типа оценивался в 642 100 ед. оборудования, что на 12,1% больше, чем в 2020 г. Рост наблюдался в сегменте холодильного хранения. Спрос на герметичные поршневые компрессоры коммерческого назначения в 2020 г. составил 20,9 млн, а в 2020 г. 23,8 млн ед. оборудования, показав рост на 13,8% по сравнению с предыдущим годом [2]. Основные виды поршневых холодильных компрессоров представлены на рис. 2.

Холодильные компрессоры поршневого типа имеют долгую историю и отличаются широким спектром областей применения: от холодильного оборудования до систем кондиционирования воздуха и тепловых насосов. В целом, продажи поршневых компрессоров в сегменте кондиционирования падают, зато в сегменте холодильного оборудования — непрерывно растут год от года. Диапазон холодопроизводительности поршневых компрессоров позволяет использовать их как в бытовых

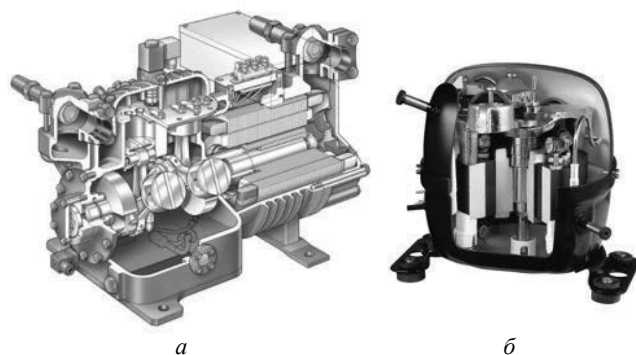


Рис. 2. Виды распространенных поршневых компрессоров:
а — полугерметичный компрессор;
б — герметичный компрессор

Fig. 2. The most popular reciprocating compressors:
a — semihermetic compressor; b — hermetic compressor

и полупромышленных холодильниках, так и в мощном коммерческом и промышленном оборудовании. С поршневыми компрессорами могут использоваться самые разные хладагенты. Для применения в холодильной технике некоторое время назад созданы герметичные компрессоры, рассчитанные на работу с природными хладагентами R290 (пропан), R600a (изобутан) и CO₂ (диоксид углерода). Выпускаются также полупромышленные модели для работы с хладагентами на основе ГФО.

В Европе потребность перевода встраиваемых холодильных витрин на новые хладагенты создает новые возможности для производителей герметичных поршневых компрессоров. В индустрии наблюдается значительное число слияний и поглощений.

Тепловые насосы (включая устройства типа «воздух — вода»), использующие в качестве хладагента диоксид углерода, являются новым источником спроса на полугерметичные компрессоры поршневого типа [9].

2. Винтовые компрессоры

Из-за отмены и переноса ряда крупных проектов, сегмент компрессоров винтового типа для систем кондиционирования просел на 8,4%, но продажи винтовых компрессоров для холодильного оборудования, несмотря ни на что, выросли на 6,2%. Суммарный объем рынка компрессоров винтового типа в 2020 г. оценивался в 122 000 ед., а в 2021 г. уже в 128 500 ед. оборудования [2].

По конструктивному исполнению существуют три вида винтовых компрессоров: одно-, двух- и трехроторные (рис. 3).

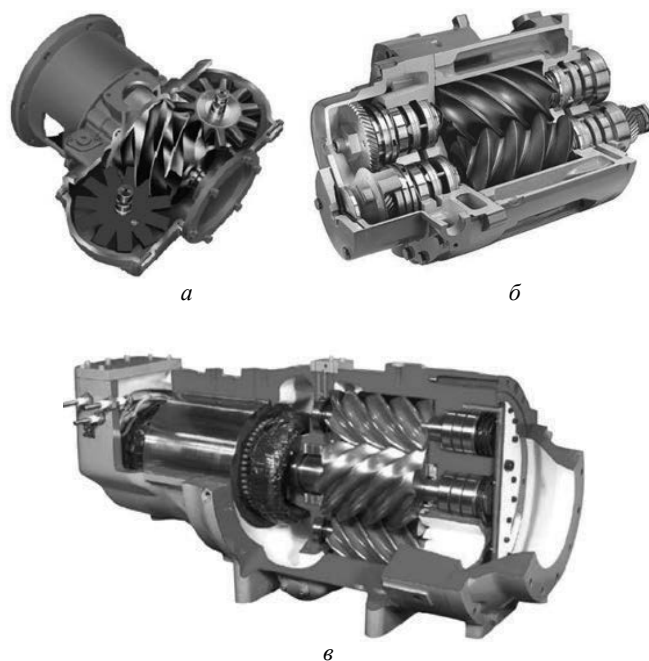


Рис. 3. Типы винтовых компрессоров по типу конструкции:
а — однороторный; б — двухроторный; в — трехроторный
Fig. 3 The types of screw compressors in terms of their construction type: a — single-rotor; б — double-rotor; в — triple-rotor

Компрессоры двухроторного исполнения появились в 1930-х годах и на сегодняшний день являются основным видом ВК на рынке. Патент на первый промышленный образец данного типа компрессорной машины был получен шведским инженером А. Лисхольмом в 1935 г. [10]. Первый полугерметичный винтовой компрессор типа «Лисхольм» с системой впрыска масла, предназначенный для использования в составе чиллеров с водяным охлаждением конденсатора, был создан в 1960-х годах. Он появился в качестве ответа на потребность рынка в устройстве, холодопроизводительность, которого была бы выше доступной поршневым компрессорам, но при этом ниже, чем у компрессоров центробежного типа. Однороторные компрессоры применяются в системах охлаждения с 1970-х годов. В Российской Федерации, в настоящий момент, конструкция винтового однороторного компрессора находится в разработке [1]. Трехроторная конструкция с регулируемой скоростью вращения, состоящая из одного ведущего и двух ведомых винтов, была разработана для использования в чиллерах с водяным охлаждением в начале 2000-х годов. На сегодняшний день данная конструкция винтового компрессора представлена производителем Carrier [2] (рис. 3, в), и включена в состав чиллера 23XRV серии Evergreen [12].

В системах кондиционирования на двух крупнейших рынках — в Китае и Европе — данный тип компрессоров уступает в конкурентной борьбе спиральным компрессорам с возможностью параллельного подключения и устройствам центробежного типа с магнитной подвеской ротора. Тем не менее, в Азии (включая Китай) растут продажи винтовых компрессоров для средне- и низкотемпературного холода. Кроме того, в США и Китае энергоэффективные водоохлаждаемые чиллеры на базе инверторных винтовых компрессоров успешно конкурируют с холодильными машинами на основе компрессоров центробежного типа. Во многих странах растет сегмент винтовых компрессоров для использования в тепловых насосах, прежде всего — в водонагревателях коммерческого назначения, обслуживающих, например, гостиницы.

Повышение стандартов качества жизни способствует стабильному росту рынка охлажденного и замороженного продовольствия в развивающихся странах, таких как Китай, Индия [13], государства Юго-Восточной Азии. Потребность в оборудовании для холодильных цепочек возрастает, создавая новые бизнес-возможности для производителей винтовых компрессоров. Постоянно растет сегмент оборудования на базе винтовых компрессоров для специализированных областей применения, таких как судовые рефрижераторные установки.

Около 90 % винтовых компрессоров относятся к двухроторным. Одновинтовые компрессоры производят Vilter (Emerson), Mitsubishi Electric, Daikin. Среди ведущих производителей винтовых компрессоров двухроторного стоит назвать Bitzer, Hanbell, Fusheng, Johnson Controls-Hitachi (Guangzhou), Trane, Carrier, YORK, Frascold, GEA и Howden. Трехроторные винтовые компрессоры выпускает только Carrier.

Из-за отмены и переноса ряда крупных проектов сегмент компрессоров винтового типа для систем кондиционирования вырос всего на 3,4%, при этом продажи

винтовых компрессоров для холодильного оборудования выросли на 13,3% [9].

3. Спиральные компрессоры

Несмотря на сокращение рынка компрессоров спирального типа, по итогам 2020 г., по оценке JARN в 2021 г. мировой спрос на компрессоры спирального типа вырос на 7,2%. Крупнейший рынок этих устройств — США — показал прирост на 11,4%, в то время как Китай, второй по величине рынок спиральных компрессоров в мире, пережил значительное сокращение на 19,5%. В странах Европы (без учета России и Турции) спрос вырос на 16,9%, падение продаж в Юго-Восточной Азии составило 3,3% [4]. Основные виды конструктивного исполнения СПК показаны на рис. 4.

Ведущим производителем спиральных компрессоров в мире является компания Emerson. Ей принадлежит почти половина рынка компрессоров спирального типа для систем кондиционирования воздуха, лидирует она и в холодильном сегменте. Кроме того, среди производителей и брендов спиральных компрессоров можно выделить Johnson Controls-Hitachi (Guangzhou), Panasonic (Dalian), Invotech, Daikin, Mitsubishi Electric, Danfoss, SCI и Bitzer.

На сегменте спиральных компрессоров благоприятно сказывается рост спроса на полупромышленные кондиционеры воздуха, чиллеры и VRF-системы, а также тепловые насосы и холодильное оборудование. Правда конкуренцию им составляют, как было отмечено, устройства ротационного типа со сдвоенным ротором, при этом холодопроизводительность одинарного спирального компрессора постоянно увеличивается. Продолжается развитие технологии модульных чиллеров на базе компрессоров спирального типа. Компактность таких чиллеров делает их очень удобными при транспортировке и монтаже, а возможность параллельного подключения позволяет достичь большой холодопроиз-

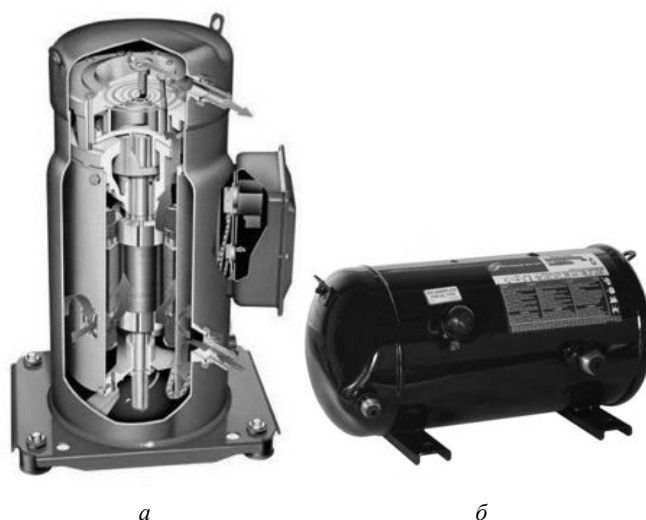


Рис. 4. Виды спиральных компрессоров по ориентации вала: а — вертикальный СПК; б — горизонтальный СПК

Fig. 4. The types of scroll compressors in terms of their shaft orientation: a — vertical scroll compressor; б — horizontal scroll compressor

водительности. Одним из факторов, способствующих росту спроса на модульные чиллеры с компрессорами спирального типа, является их востребованность для организации кондиционирования центров обработки данных (ЦОД). При этом доля чиллеров, использующих спиральные компрессоры с инверторным управлением, составляет всего 5%, что создает широкие возможности для роста этого сегмента. И в Европе, и в Японии успешно запущены линейки модульных чиллеров на базе компрессоров спирального типа, использующих хладагент R32.

С коммерческой точки зрения перспективным представляется сегмент спиральных компрессоров для тепловых насосов «воздух — вода», использующихся не только для отопления, но и для организации горячего водоснабжения. В настоящее время в тепловых насосах «воздух — вода» широко применяются спиральные компрессоры с питанием от однофазной электросети.

Кроме того, благодаря своей компактности и высокой производительности, спиральные компрессоры все чаще применяются в холодильном сегменте. Япония экспортирует спиральные компрессоры, использующие в качестве хладагента диоксид углерода (CO₂) в Европу и Австралию. Эти компрессоры могут работать как в тепловых насосах, так и в холодильной технике, причем выпущенный Copeland СПК для транскритического цикла, делает использование бустерных холодильных машин более привлекательным и в теплых регионах.

Набирают популярность гибридные транспортные средства. В этом сегменте спиральные компрессоры обладают огромным рыночным потенциалом, так как их электрический привод не создает никакой дополнительной нагрузки на двигатель автомобиля. Крупнейшие производители климатической техники объявили о начале выпуска компрессоров спирального типа для использования в кондиционерах собственного производства.

Большинство компрессоров спирального типа, применяющихся в системах кондиционирования воздуха за пределами Европы, Японии и США, все еще используют хладагент R22. Спиральные компрессоры для холодильного и морозильного оборудования, как правило, работают на R404A.

В Японии часто встречается холодильное и морозильное оборудование на R410A. Стандартом стало применение использующих диоксид углерода компрессоров в тепловых насосах «воздух — вода» Eco Cute. На отраслевых выставках в Европе и Китае демонстрировались образцы спиральных компрессоров на R32 и углеводородных хладагентах, однако массовое производство подобной техники пока не стартовало. Тем временем, в США в полупромышленных кондиционерах начинают использовать смесевые хладагенты на основе гидрофторолефинов (ГФО).

Экономические меры по снижению парниковых выбросов и защите окружающей среды способствуют росту спроса на эффективные спиральные компрессоры. Ассортимент продукции ряда производителей в этом сегменте расширился за счет не инверторных спиральных компрессоров производительностью от 14,7 кВт и выше [9].

1. Ротационные компрессоры

Объем глобального рынка компрессоров ротационного типа в 2020 г. уменьшился на 8,1%, по сравнению с предыдущим годом, составив 194,32 млн шт. А в 2021 г. составил 212,31 млн шт., что на 9,3% больше показателя предыдущего года [4].

Если рассмотреть распределение этого объема по регионам, то 169,94 млн компрессоров приходится на Китай, 15,31 млн на Юго-Восточную Азию, 5,19 млн на Индию, 6,24 млн на страны Европы, 3,67 млн на Японию, 2,22 млн на Ближний Восток, 2,41 млн на Бразилию и 1,85 млн компрессоров на США. Конструкция ротационного компрессора представлена на рис. 5.

Производство ротационных компрессоров сосредоточено в основном в Азии, прежде всего — в Китае, а также в Таиланде, Японии, Малайзии и Индии.

С переносом производства кондиционеров воздуха за пределы Китая некоторые компании, занимающиеся выпуском компрессоров, приняли решение открыть фабрики в Индии и Юго-Восточной Азии.

Среди ведущих брендов ротационных компрессоров можно выделить: Guangdong Meizhi Compressor Company (GMCC), Gree (Landa), Rechi, Panasonic, Mitsubishi Electric, Highly, LG, Samsung и AVIC (Sanyo).

Область применения компрессоров ротационного типа охватывает кондиционеры воздуха, тепловые насосы и холодильное оборудование. Запрос рынка на ротационные компрессоры высокой мощности привел к разработке сдвоенных моделей, характеристики которых позволяют конкурировать с компрессорами спирального типа.

Такие компрессоры сегодня используются в бытовых и полупромышленных кондиционерах воздуха, чиллерах, VRF-системах и тепловых насосах «воздух — вода».

Низкая стоимость способствует дальнейшему распространению компрессоров, использующих ротационную технологию сжатия. В США быстро развивающимися областями применения для них стали кондиционирование воздуха в «домах на колесах» и коммерческие моноблоки (PTAC).



Рис. 5. Компрессор ротационного типа (вертикальный ротационно-пластинчатый)

Fig. 5. Rotary compressor (vertical rotary vane compressor)

В Европе ужесточение требований, касающихся фторсодержащих парниковых газов, способствует увеличению доли бытовых кондиционеров воздуха, использующих хладагент R32. Несмотря на то, что R32 является лишь временной альтернативой хладагентам с более высоким ПГП, он все чаще применяется основными производителями тепловых насосов «воздух — вода».

Ротационные компрессоры для хладагента R290 (пропана) находят множество различных применений, они используются, например, в сушилках и мобильных кондиционерах воздуха.

Ротационные компрессоры отличаются широкими возможностями использования, невысокой стоимостью, удобством и возможностью оптимизации для работы с такими природными хладагентами, как CO₂ и R290. Их превосходные рабочие характеристики привлекают внимание многих производителей. В качестве примера можно привести мирового гиганта — немецкую компанию Bitzer, открывшую производство ротационных компрессоров в Китае. При этом прогнозируется ускорение перехода с хладагентов R22 и R410A на R32, ожидается, что к 2025 г. рынок будет поделен поровну между устройствами на R32 и R410A.

В Японии выбор альтернативного хладагента сделан в пользу R32, уже получившего широкое распространение в Юго-Восточной Азии, в Таиланде, Индонезии и Вьетнаме. В то же время, на Филиппинах, в Малайзии, Сингапуре и других странах региона продажи устройств на R32 только набирают обороты.

В январе 2025 г. в Индии вступит в силу запрет на производство кондиционеров воздуха, использующих ГХФУ-хладагенты (в том числе R22), импорт подобного оборудования запрещен с 2015 года. В стране быстро растет спрос на ротационные компрессоры для хладагента R32, а местные производители приступили к выпуску бытовых кондиционеров воздуха на R290 (пропане).

В 2015 г. Саудовская Аравия запретила ввоз и производство бытовых сплит-систем, использующих ГХФУ, включая R22 и R123. Стабильные продажи на Ближнем Востоке показывают разработанные в качестве альтернативы ротационные компрессоры на R410A, предназначенные для тропического климата и условий пустыни.

Несколько производителей разработали новые компрессоры ротационного типа для холодильной техники, использующие в качестве хладагента смеси гидрофторолефинов (ГФО) с низким потенциалом глобального потепления (ПГП).

Перспективы развития

На современном этапе компрессоростроение в целом характеризуется обострением конкурентной борьбы между фирмами-поставщиками, интенсивным совершенствованием продукции, быстрой реакцией на возникновение спроса в новых сферах производства, широким распространением агрегатированной OEM (Original Equipment Manufacturer) — сборки фирмами-поставщиками и самими производителями, развитием специализированных фирм, осуществляющих сервисное обслуживание компрессоров, широким внедрением автоматизированных систем проектирования компрессоров и автоматизированной организацией производства.

В конкурентной борьбе выживаемость компаний будет зависеть от себестоимости, качества и уровня энергоэффективности продукции, которую они смогут предложить потребителю. Что в большей части присуще крупным концернам, выпускающим в т. ч. линейные элементы, электронные компоненты, необходимые для агрегатированной сборки и предоставляющие всестороннюю техническую поддержку с поставкой запасных частей, а это приводит к тенденции объединения компаний.

В качестве критерия наиболее эффективного применения компрессоров различных типов предлагается показатель сравнительной эффективности:

$$\mathfrak{E}_{\text{км}} = \frac{3}{V_{\text{общ}}}, \quad (1)$$

где 3 — приведенные затраты на изготовление и эксплуатацию компрессора, руб; $V_{\text{общ}} = B_v V'$ — количество сжатого газа за весь период эксплуатации, м³; B_v — суммарное чистое время работы компрессора за весь срок службы, ч; V' — производительность компрессора, м³/мин.

Суммарное чистое время работы компрессора за весь срок службы:

$$B_y = F_k t_v (k_p, c_p, t_p), \quad (2)$$

где F_k — календарный годовой фонд времени, ч; t_v — срок службы компрессора, лет; k_p, c_p, t_p — число соответственно капитальных, средних и текущих ремонтов за период t_v [14].

Вместе с этим важную роль занимает кооперация научных и производственных центров иногда их слияние, что в большей мере способствует созданию новейших образцов конкурентоспособной техники.

Следует ожидать, что в 2023 г. мировая политическая ситуация усилит некоторые из этих процессов, внося коррективы в экономические сектора прежде всего Европы и России. Если в Европе наблюдается тенденция к процессам слияния компаний производителей компрессоров и миграции части производства в США, то в России основным трендом будет продолжение выполнения задач по замещению текущего импорта компрессорного холодильного оборудования, за счёт отечественных образцов и переориентирования внешнеэкономических связей на Азиатско-Тихоокеанский регион. Можно получать компрессоры и агрегаты, производимые в дружественных странах БРИКС Бразилии и Китая.

Примером трансформации европейского рынка компрессоров, может служить: намерение компании Danfoss (о чем заявлено 10 октября 2022 г.) приобрести у NORD Holding GmbH немецкого производителя компрессоров BOCK GmbH, чтобы усилить опыт в области технологий холодоснабжения на CO₂ и других природных хладагентах. Приобретая компанию BOCK GmbH, Danfoss использует упреждающий подход к дальнейшему развитию и использованию хладагентов с низким ПГП для борьбы с глобальным потеплением и обеспечения конкурентоспособности в отрасли, заявлено в источнике на сайте производителя Danfoss [15].

Компания Emerson 31 октября 2022 г. объявила об окончательном соглашении, в соответствии с которым она продаст контрольный пакет акций своего бизнеса

Climate Technologies фондам прямых инвестиций, управляемым Blackstone. Подразделение Climate Technologies включает в себя бизнес по производству компрессоров Copeland и весь портфель продуктов и услуг для рынков климатического и холодильного оборудования. Сделка знаменует собой важную веху на пути Emerson к созданию целостного портфеля промышленных технологий с более высокой стоимостью и превращению в глобальную компанию по автоматизации. Emerson совместно с AspenTech располагает самым полным в отрасли портфелем передовых технологий автоматизации и программного обеспечения.

Что касается Российского рынка холодильного и компрессорного оборудования, то здесь с середины 90-х годов начались активные поставки в Россию импортных компрессоров практически всех типов, а также некоторых линейных элементов и систем автоматики. На базе данных элементов в РФ освоено OEM — производство централей и щитов управления. Переориентировать производство крупных компрессоров, которое было развито в Советском Союзе на тип и размерный ряд малой и средней производительности не удалось. Российские предприятия сократили объёмы имеющегося производства и не смогли в полной мере конкурировать с продукцией промышленно развитых стран в коммерческом и бытовом секторах [16].

Таким образом, на сегодняшний день во всех областях искусственной генерации холода наблюдается подавляющая импортозависимость. Среди всех базовых

компонентов, составляющих основу любой парокомпрессионной холодильной машины (компрессор, теплообменные аппараты, электронные системы управления, запорно-регулирующая арматура и хладагенты), лишь теплообменная аппаратура частично производится в России серийно. Все остальные элементы и даже трубопроводную арматуру на российских объектах применяют в основном зарубежного производства. Доля импорта в компрессорном оборудовании по данным Минпромторга России за 2018 г. составляла 99,9% [17]. В качестве примера на рис. 6 представлена элементная база холодильной централи на хладагенте R744.

Согласно правительственным планом, к 2020 г. полностью независимыми от импорта должны были стать 18 отраслей промышленности. Что касается отечественного компрессоростроения, то данная наукоемкая область не может быть перестроена за столь короткое время на выпуск холодильных компрессоров массового потребления. Поэтому для поддержания нормального функционирования холодильной отрасли потребовалось решение о замещении азиатским импортом как промышленных сальниковых, так и коммерческих полугерметичных компрессоров. Есть надежда, что данное решение носит краткосрочный характер, к тому же остаются перебои с поставкой герметичных спиральных компрессоров. Таким образом, сегодня крайне важно развивать конкурентоспособные предприятия, производящие импортозамещающую продукцию.

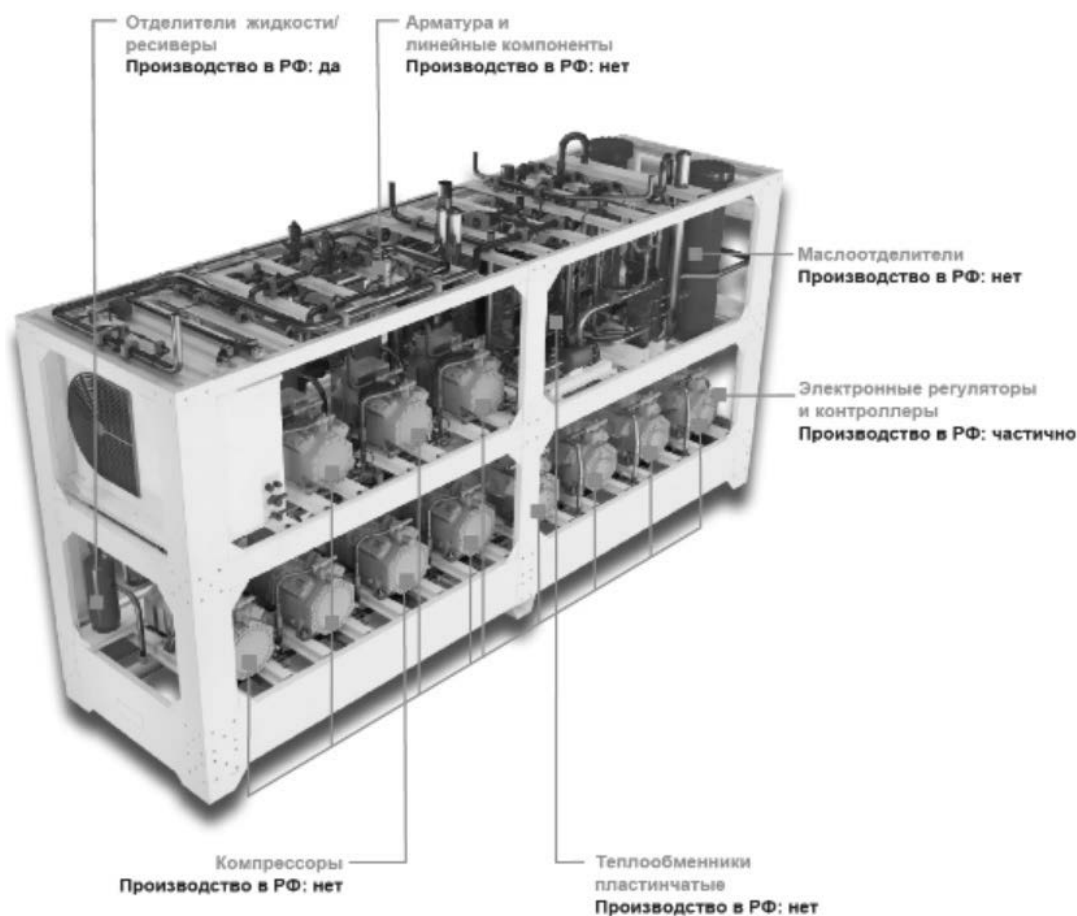


Рис. 6. Элементная база холодильной централи на R744

Fig. 6. Main components of central refrigeration unit using R744 refrigerant

Различные программы Правительства РФ по поддержке промышленности, в частности помогают и отечественным компрессоростроителям в определении своего развития, корректировки бизнес-проектов и планов. Не секрет, что сегодня сохранилось всего несколько отечественных компрессорных заводов, обладающих полным циклом производства — собственным литейным механообрабатывающим, испытательным комплексом.

На фоне развивающегося рынка импортного оборудования, очередным препятствием для развития отечественного рынка стали небольшие компании, специализирующиеся либо на крупноузловой сборке иностранного оборудования, либо на восстановлении старых моделей отечественного компрессоростроения. И все они предпочитают называть себя «заводом». Но зачастую у них нет собственной службы технического контроля, испытательных стендов, достойных конструкторских и технологических отделов.

В итоге ключевым шагом к полноценному импортозамещению холодильного оборудования является производство отечественных холодильных компрессоров. Согласно данным Российского союза предприятий холодильной промышленности по состоянию за последние годы состояние компрессоростроения в России было следующим:

— ОАО «Ярославский завод «Красный маяк», г. Ярославль: единичное и мелкосерийное производство поршневых герметичных компрессоров (с импортными компонентами);

— ОАО «Сибкриотехника», г. Омск: единичное и мелкосерийное производство поршневого герметичного компрессора одной модели;

— ОАО «Машзавод», г. Чита: мелкосерийное производство винтовых агрегатов;

— ОАО «Холодмаш», г. Черкесск: штучное или мелкосерийное производство поршневых компрессоров;

— ОАО «Казанькомпрессормаш», г. Казань: единичные центробежные и винтовые компрессоры для холодильных установок большой производительности в основном для нефтегазового комплекса;

— ОАО «ВНИИХОЛОДМАШ-ХОЛДИНГ» (Москва), совместно с ОАО «Пензкомпрессормаш» изготавливает линейку винтовых компрессоров производительностью 20...1000 кВт по собственной конструкторской документации для применения в составе холодильных машин с вольной приёмкой для нужд ВМФ и спецобъектов МО РФ;

— ООО «Челябинский компрессорный завод»: готов к производству отечественных компрессоров для ОПК в диапазоне производительностей 50...120 кВт.

Продолжая долгую историю 2-х ведущих компрессорных заводов — ОАО «Компрессорный завод» (г. Краснодар) и ОАО «Борец» (Москва) и аккумулировав в себе опыт их лучших наработок, «Компрессорный завод КОСМА», является единственным правообладателем всей конструкторской документации этих заводов. «КОСМА» продолжает работать на производственных площадях ОАО «Компрессорный завод». Основная задача «Компрессорного завода «КОСМА» — восстановление отечественной компрессорной школы, восстановление разработок в области, как компрессоростроения, так и в смежных областях — тепломассообмене, холодноснаб-

жении. Сегодня завод стремительно наращивает потерянные в последние годы темпы роста и внедрения новых технологий. Уже произведена модернизация всех моделей старой номенклатуры компрессоров модельных рядов М2,5, М4, 2П, 3П, 5П и 7П, внедрены современные технологии в элементах газораспределения и уплотнений, улучшены характеристики надежности машин. Периодичность обслуживания стандартных комплектаций компрессоров доведена до 3000 ч. По требованию заказчика могут быть предложены исполнения с периодичностью обслуживания до 8000 ч. Развитие завода в области разработки новых поршневых компрессорных баз позволило по-новому взглянуть и на холодильное машиностроение для нефтехимической и нефтегазодобывающей отраслей. В настоящее время разрабатываются комплексы низкотемпературной сепарации газа на базе новых пропановых компрессоров модельных рядов М7 и М9. Работая в режиме получения точки росы газа -250°C , сегодняшние возможности позволяют создать холодильный блок с единичной холодопроизводительностью от 1 МВт. В составе стандартного холодильного блока для систем низкотемпературной сепарации газа, как правило, входит сама холодильная пропановая установка на базе поршневого компрессора, воздушный блок конденсаторов, испаритель прямого кипения, ряд сепараторов и теплообменники. Низкотемпературная сепарация газа позволяет исключить дросселирование газа для получения нужной точки росы с последующим повышением давления газа до требуемого. Оборудование холодильного блока поставляется в полной готовности к пуску в блочном исполнении, что существенно снижает затраты на монтаж по месту эксплуатации [18].

Таким образом, ситуация сегодня практически не улучшилась и серийного производства холодильных компрессоров в России в данный момент нет, а доля импорта составляет более 95%. Заметный прогресс в замещении импорта невозможен без консолидации усилий профильных компаний и государственной помощи.

Правительство РФ допускает возможность участия в программе импортозамещения иностранных фирм. Переговоры Россоюзхолодпрома (РСХП) с представителями некоторых зарубежных компаний показали принципиальную возможность создания СП по производству отдельных видов холодильно-компрессорного оборудования на территории России. Союз под руководством Росстандарта и Минпромторга проводит работу по созданию справочников наилучших доступных технологий (НДТ). Создание справочника НДТ призвано улучшить экологическую ситуацию в стране и совершенствовать экологическое нормирование, запустить механизм экономического стимулирования предприятий для внедрения наилучших экологически безопасных технологий.

Важным направлением работ является участие в Государственной программе стандартизации, в рамках которой РСХП ежегодно разрабатывает или гармонизирует с европейскими регламентами международные стандарты по холодильной тематике.

В рамках выполнения программы импортозамещения и развития холодильной промышленности РФ РСХП, совместно с компанией «Технатон», собрал, системати-

зировав и представил в Минпромторг России пакет технических требований и технико-экономических обоснований (в т. ч. от ООО «Челябинский компрессорный завод», Черкесского завода «Холодмаш») на разработку холодильных компрессоров. На изготовление отечественных компрессоров представил документацию ОАО «ВНИИХОЛОДМАШ-ХОЛДИНГ». РХСП, совместно с «НИИтурбокомпрессор», подготовил подобный пакет документов по организации выпуска отечественных спиральных компрессоров. По данным от группы компаний КСК (Ключевые системы и компоненты), на ее площадях Промтехнопарка в г. Твери поэтапно, в течение трех лет, начиная с 2022 г. запущено серийное производство вертикальных спиральных компрессоров. При выходе на серийное производство ежегодно планируется выпускать более 2 тыс. компрессоров, это покрывает более 20% общей потребности российских производителей кондиционеров для общественного транспорта. Для реализации проекта Наблюдательным советом Фонда развития промышленности одобрен заем более 1 млрд руб., который позволит ускорить запуск опытно-конструкторских работ и разработку линейки продукции [19].

Конечно, здесь требуется волевое решение правительства и отдельная федеральная программа по холодильному компрессоростроению. Ни одна частная компания не сможет себе позволить в надежде на отдаленную прибыль в условиях жесткой конкуренции с азиатскими производителями и патентными преградами вкладывать миллиарды рублей в исследования, закупку станков, налаживание полного цикла производства корпусов, винтовых или спиральных профилей и развитие сети продаж.

Своевременность таких решений поможет восполнить внутренний российский сегмент холодильного оборудования, который составляет около 45% рынка компрессоров из-за роста городского населения и растущего спроса на экологически чистые дома. Правительственные организации продвигают энергоэффективное зеленое строительство через инициативы вспомогательного финансирования. Резкое увеличение количества домохозяйств, размера жилья и владения охлаждающими приборами в значительной степени будет стимулировать рост рынка в прогнозируемые сроки.

Заключение

Общемировое текущее состояние отрасли холодильного компрессоростроения.

Анализ рынка показывает, что пандемия не оказала заметного негативного влияния на сегменты коммерческого и промышленного холода. Напротив, она способствовала росту спроса за счет увеличения потребности в хранении и перевозке лекарств и вакцин и повышения загрузки холодильных цепочек. Из-за пандемии люди стали совершать больше покупок онлайн и работать из дома. Быстрое распространение базовых станций мобильной связи стандарта 5G и дата-центров, нуждающихся в поддержании определенных температурных параметров, создает новые возможности для производителей компрессоров. Рост производства продуктов питания и напитков будет значительно стимулировать сегмент промышленных холодильных компрессоров в прогнозируемые сроки. Производители используют

холодильное оборудование в производственных процессах, а также при хранении продукции на холодильных складах. Холодильные склады способствуют эффективному хранению сезонных продуктов питания на производственных объектах и краткосрочному хранению в стратегически важных местах для удовлетворения спроса на розничные продажи. С возобновлением полной деловой активности спрос на компрессоры различных типов будет только увеличиваться. Согласно прогнозам, сегменты ротационных и поршневых компрессоров восстановятся быстрее остальных.

Общемировые тенденции технического прогресса объемного компримирования.

1. Комплектный метод поставки при полной заводской готовности компрессора к эксплуатации.

2. Разработка методов и приборов для прогнозирования работоспособности механизмов компрессоров (по шуму, вибрациям, температуре и т. д.), автоматизация их обслуживания с программным или дистанционным управлением.

3. Сокращение агрегатных площадей, открытое или полуоткрытое размещение компрессорных установок вне капитального здания, когда стоимость строительных работ и их сроки сокращаются на порядок.

4. Выполнение машин на единой унифицированной базе, что позволяет при небольших изменениях получать множество конструкторских модификаций.

5. Развитие стандартизации и модульных принципов, создание типоразмерных рядов с малым шагом.

6. Непрерывная модернизация и реконструкция производства, совершенствование технологий изготовления.

7. Хорошо поставленный сервис у потребителя.

Оптимизация производства, с учетом новых запросов на агрегатированную технику, возможна при его унификации, когда в рамках одного предприятия производится вся линейка продукции необходимой для OEM сборки, которая также выполняется на заводских площадках.

При создании совершенных и технологичных конструкций компрессоров важным методом является функционально-стоимостный анализ (ФСА). Цель этого метода — отыскание производственных затрат, которых можно избежать, и поиск путей к их уменьшению. Согласно ФСА, полные издержки изготовления изделий состоят из минимально необходимых и излишних или «ненужных» издержек. Его принципиальное отличие от обычных «классических» методов отработки экономичности конструкций состоит, во-первых, в функциональном подходе, когда в первую очередь рассматривается не стоимость изделия, узла или детали, а решаются вопросы: можно ли переложить функцию данной детали или узла на другие узлы, насколько необходимо выполнение данных функций узлом или деталью, можно ли упростить деталь или заменить ее материал и т. д.; во-вторых, в создании аппарата специалистов, занимающихся только снижением стоимости.

Следующим важным направлением совершенствования компрессоростроения является создание специализированных заводов для изготовления базовых моделей компрессоров. Это позволит приблизить существующее

ющую технологию к технологии серийного производства и использовать все преимущества последнего.

Однако специфика отрасли, когда некоторые компрессоры изготавливаются по индивидуальному заказу, делает невозможной полную специализацию предприятий.

Совершенствование производства компрессоров связано также с быстрым вводом машин в эксплуатацию. Это возможно при комплектном методе поставки машины, когда все главные и вспомогательные агрегаты монтируются на общей стальной раме на заводе, а не отдельно на массивных фундаментах в месте монтажа. При такой поставке оборудования монтажные работы существенно сокращаются.

Перспектива развития Российского производства компрессоров объемного принципа действия.

Важнейшей проблемой, требующей решения в рамках развития отечественного компрессоростроения, является устранение импортозависимости в данной области.

Можно предложить несколько вариантов сценария частичного импортозамещения по холодильному оборудованию и развитию в целом холодильной промышленности России.

1. Максимальная концентрация и объединение усилий ведущих организаций и компаний по разработке, изготовлению и продвижению на рынок отечественных современных компрессоров, агрегатов и установок. Работа в этом направлении проводится по инициативе и при непосредственном участии Россоюзхолодпрома, ВНИИ-ХОЛОДМАШ-ХОЛДИНГ, ВНИХИ и некоторых других организаций.

2. Организация лицензионного производства холодильных компрессоров и агрегатов, в особенности промышленного диапазона. Данный вариант, несмотря на высокую стоимость, может быть целесообразным. Проблема состоит в правильном выборе лицензионного объекта, продуктивной договоренности с зарубежными

производителями и в юридически грамотном оформлении сделки. Необходимо предусматривать не только организацию сборочного производства, но и постепенное замещение оборудования изделиями отечественного производства.

3. Открытие полноценного производства компрессоров и агрегатов в свободной экономической зоне. Пример тому производство теплообменного оборудования компанией «ЛЮ-ВЕ» в Липецкой особой экономической зоне.

4. Консолидация образовательных организаций со сферой производства. Особое внимание следует уделить важнейшему звену развития и роста отечественной холодильной промышленности — восстановлению полноценной системы подготовки специалистов-холодильщиков, компрессорщиков в ссузах и вузах страны, а также воспроизводству научных кадров. Необходимо способствовать развитию научно-технического потенциала профильных институтов и предприятий, выявлять и продвигать инновационные, прорывные разработки в области генерации холода и его применения в промышленности и других отраслях хозяйства страны.

Россия, в настоящий момент, не в состоянии изготавливать всю необходимую отрасли номенклатуру изделий, но этого и не требуется. Мы живем в интегрированном мире, хотя и в непростых условиях, но понизить градус импортозависимости мы в состоянии.

Для этого есть все предпосылки, пока сохраняется «старая школа» холодильщиков, подготовленных универсально как конструкторы-машиностроители, так и как специалисты по созданию холодильных машин и установок. Да, холодильные вузы почти «лежат в руинах», но подготовить новых специалистов можно и на производствах, пользуясь обширной научно-технической и учебно-методической литературной базой, разработанной еще во времена СССР, которая также дополнена современными изданиями по холодильной и компрессорной технике.

Литература

1. Мировой рынок холодильного оборудования по состоянию на 2022 год. // Интернет-портал «МИР КЛИМАТА/ХОЛОДА». 2022. [Электронный ресурс]: <https://mir-klimata.info/mirovoj-rynok-holodilnogo-oborudovaniya-po-sostoyaniju-na-2022-god/?ysclid=lbl1vocwcz973358371>. (Дата обращения: 05.10.2022)
2. Мировой рынок компрессоров по состоянию на 2021 год. // Интернет-портал «МИР КЛИМАТА/ХОЛОДА». [Электронный ресурс]: <https://mir-klimata.info/mirovoj-rynok-kompressorov-po-sostoyaniju-na-2021-god/>. (Дата обращения: 20.10.2022)
3. Мировые новости, № 115. Мировой рынок компрессоров. // Интернет-портал «МИР КЛИМАТА/ХОЛОДА». [Электронный ресурс]: <https://mir-klimata.info/mirovye-novosti-115/>. (Дата обращения: 27.10.2022)
4. Мировой рынок компрессоров в 2022 году. // Интернет-портал «МИР КЛИМАТА/ХОЛОДА». [Электронный ресурс]: <https://mir-klimata.info/mirovoj-rynok-kompressorov-v-2022-godu/> (Дата обращения: 27.10.2022)
5. Максимов Т. В., Максимов В. А., Егоров А. Г. Тенденции развития и производства компрессорной техники на совре-

References

1. The world market of refrigeration equipment as of 2022. *Internet portal «WORLD OF CLIMATE/COLD»*. 2022. [Electronic resource]: <https://mir-klimata.info/mirovoj-rynok-holodilnogo-oborudovaniya-po-sostoyaniju-na-2022-god/?ysclid=lbl1vocwcz973358371>. (Accessed: 05.10.2022)
2. World Compressor market as of 2021. *Internet portal «WORLD OF CLIMATE/COLD»*. 2021. [Electronic resource]: <https://mir-klimata.info/mirovoj-rynok-kompressorov-po-sostoyaniju-na-2021-god/>. (Accessed: 20.10.2022)
3. World News, No. 115. World Compressor Market. *Internet portal «WORLD OF CLIMATE/COLD»*. [Electronic resource]: <https://mir-klimata.info/mirovye-novosti-115/>. (Accessed: 27.10.2022)
4. World Compressor Market in 2022. *Internet portal «WORLD OF CLIMATE/COLD»*. [Electronic resource]: <https://mir-klimata.info/mirovoj-rynok-kompressorov-v-2022-godu/> (Accessed: 27.10.2022)
5. Maksimov T. V., Maksimov V. A., Egorov A. G. Trends in the development and production of compressor equipment at the present stage. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2013. Vol. 16. No. 5. P. 176–179. (in Russian)

- менном этапе // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 5. С. 176–179.
6. Кулон Д., Дюпон Ж., Пичард О. Роль искусственного охлаждения в мировой экономике // Холодильная техника. 2016. № 1. С. 4–11.
 7. Бараненко А. В. Итоги деятельности МАХ в 2021 г. и задачи на 2022 г. (доклад президента Международной академии холода на 29-м Общем годичном собрании 21 апреля 2022 г.) // Вестник Международной академии холода. 2022. № 2. С. 4–12.
 8. Мировой рынок холодильных компрессоров 2020–2026 // Холодильная индустрия. 2021. [Электронный ресурс]: <https://holodcatalog.ru/news/issledovaniya-rynka/mirovoy-rynok-kholodilnykh-kompressorov-2020-2026/> (Дата обращения: 07.11.2022)
 9. Мировой рынок компрессоров в 2022 году. // Журнал Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2022. [Электронный ресурс]: https://www.c-o-k.ru/market_news/mirovoy-rynok-kompressorov-v-2022-godu (Дата обращения: 07.11.2022)
 10. Пронин В. А. Тенденции развития компрессорной техники // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2014. № 1. С. 9.
 11. Пронин В. А., Жизновская Д. В., Божедомов А. В., Семенов А. А., Миникаев А. Ф. Технология изготовления винтового однороторного компрессора на базе 3D моделирования // Холодильная техника. 2019. № 10. С. 36–41.
 12. Терехов М. Под знаком платинового LEEDa // Высотные здания: журнал высотных технологий. 2011. № 5. С. 110–113.
 13. Бараненко А. В. Итоги деятельности МАХ в 2019–2020 гг. и задачи на 2021–2022 гг. (Доклад президента Международной академии холода на 28 Общем годичном собрании 20 апреля 2021 г.) // Вестник Международной академии холода. 2021. № 2. с. 4–12.
 14. Ястребова Н. А., Кондаков А. И., Лубенец В. Д., Виноградов А. Н. Технология компрессоростроения. М.: Машиностроение, 1987. С. 336.
 15. Danfoss announces intent to acquire German compressor manufacturer BOCK GmbH to strengthen expertise in CO₂ and natural refrigerants technology. // Danfoss. 2022. [Электронный ресурс]: <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/news/dcs/intent-to-acquire-german-compressor-manufacturer-bock-gmbh/> (Дата обращения: 07.11.2022)
 16. Компрессоры России: вчера, сегодня, завтра... // ПВ. РФ. Международный промышленный портал. [Электронный ресурс]: <https://promvest.info/ru/tehnologii-i-oborudovanie/kompressoryi-rossii-vchera-segodnya-zavtra/> (Дата обращения: 10.11.2022)
 17. Состояние и перспективы развития холодильной отрасли России в 2022 году. // Академия КриоФрост. 2022. [Электронный ресурс]: https://kriofrost.academy/press-center/articles/holodilnaya_tekhnika/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-kholodilnoy-otrasli-rossii-v-2022/ (Дата обращения: 10.11.2022)
 18. Райчук Д. А. Новый уровень российского компрессоростроения // Neftegaz. RU. 2015. № 6 (42). С. 86–88.
 19. КСК создаст производство компрессоров и вентиляторов для климатических систем. // Ключевые Системы и Компоненты. 2022. [Электронный ресурс]: <https://kscgroup.ru/press-tsentr/events/ksk-sozdast-importozameshchayushchee-proizvodstvo-kompressorov-i-ventilyatorov-dlya-klimaticheskikh-> (Дата обращения: 10.11.2022)
 6. D. Colomb, J. Dupont, O. Pichard The role of artificial cooling in the world economy. *Holodil'naya tekhnika*. 2016. No 1. P. 4–11. (in Russian)
 7. Baranenko A. V. The results of the activities of the EAR in 2021 and the tasks for 2022 (report of the President of the International Academy of Refrigeration at the 29th General Annual Meeting on April 21, 2022). *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2022. No. 2. P. 4–12. (in Russian)
 8. The world market of refrigeration compressors 2020–2026. Refrigeration industry. 2021. [Electronic resource]: <https://holodcatalog.ru/news/issledovaniya-rynka/mirovoy-rynok-kholodilnykh-kompressorov-2020-2026/> (Accessed: 07.11.2022) (in Russian)
 9. World Compressor Market in 2022. *Plumbing, Heating, Air Conditioning magazine*. 2022. [Electronic resource]: https://www.c-o-k.ru/market_news/mirovoy-rynok-kompressorov-v-2022-godu (Accessed: 07.11.2022)
 10. Pronin V. A. Trends in the development of compressor technology. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya «Holodil'naya tekhnika i kondicionirovanie»*. 2014. No. 1. P. 9. (in Russian)
 11. Pronin V. A., Zhignovskaya D. V., Bozhedomov A. V., Semenov A. A., Minikaev A. F. Manufacturing technology of a screw single-rotor compressor based on 3D modeling. *Holodil'naya tekhnika*. 2019. No. 10. P. 36–41. (in Russian)
 12. Terekhov M. Under the sign of platinum LEED. *High-rise buildings: Journal of high-rise technologies*. 2011. No. 5. P. 110–113. (in Russian)
 13. Baranenko A. V. Results of the activities of the IACH in 2019–2020 and tasks for 2021–2022 (Report of the President of the International Academy of Cold at the 28th Annual General Meeting on April 20, 2021). *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2021. No. 2. P. 4–12. (in Russian)
 14. Yastrebova N. A., Kondakov A. I., Lubenets V. D., Vinogradov A. N. Compressor engineering technology. Moscow: Mashinostroenie, 1987. 336 p. (in Russian)
 15. Danfoss announces intent to acquire German compressor manufacturer BOCK GmbH to strengthen expertise in CO₂ and natural refrigerants technology. *Danfoss*. [Electronic resource]: <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/news/dcs/intent-to-acquire-german-compressor-manufacturer-bock-gmbh/> (Accessed: 07.11.2022) (in Russian)
 16. Compressors of Russia: yesterday, today, tomorrow... *PV. RF. International Industrial Portal*. [Electronic resource]: <https://promvest.info/ru/tehnologii-i-oborudovanie/kompressoryi-rossii-vchera-segodnya-zavtra/> (Accessed: 10.11.2022) (in Russian)
 17. The state and prospects of development of the refrigeration industry in Russia in 2022. *CryoFrost Academy*. 2022. [Electronic resource]: https://kriofrost.academy/press-center/articles/holodilnaya_tekhnika/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-kholodilnoy-otrasli-rossii-v-2022/ (Accessed: 10.11.2022) (in Russian)
 18. Raychuk D. A. A new level of Russian compressor engineering. *Neftegaz. RU*. 2015. No. 6 (42). P. 86–88. (in Russian)
 19. KSK will create the production of compressors and fans for climate systems. *Key Systems and Components*. 2022. [Electronic resource]: <https://kscgroup.ru/press-tsentr/events/ksk-sozdast-importozameshchayushchee-proizvodstvo-kompressorov-i-ventilyatorov-dlya-klimaticheskikh-> (Accessed: 10.11.2022)

Сведения об авторах

Пронин Владимир Александрович

Д. т. н., профессор, ординарный профессор образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, maior.pronin@mail.ru

Кованов Александр Викторович

Главный инженер по торговому оборудованию ООО «О'КЕЙ», 195112, Санкт-Петербург, пр. Энергетиков, 4. Аспирант образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, Kovanov76@yandex.ru

Цветков Вадим Александрович

Аспирант образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, wadimsvetkov@mail.ru

Information about authors

Pronin Vladimir A.

D. Sc., Professor, Professor of the Educational center «Energy Efficient engineering Systems» of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, maior.pronin@mail.ru

Kovanov Aleksandr V.

Chief Engineer for commercial equipment LTD «O'KAY», 195112, St. Petersburg, Energetikov Ave., 4. Graduate student of the Educational center «Energy Efficient engineering Systems» of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, Kovanov76@yandex.ru

Tsvetkov Vadim A.

Graduate student of the Educational center «Energy Efficient engineering Systems» of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, wadimsvetkov@mail.ru



Статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution-NonCommercial»



28-я международная выставка «Оборудование, технологии, сырье и ингредиенты для пищевой и перерабатывающей промышленности» 9-13 октября 2023 г.

«Агропродмаш» – международная выставка оборудования, машин и ингредиентов для пищевой и перерабатывающей промышленности – на протяжении двух десятилетий демонстрирует лучшие мировые достижения, способствуя внедрению новых современных технологий российскими предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности.

«Агропродмаш» - абсолютный лидер среди выставок России по тематике «Пищевая промышленность, оборудование и ингредиенты» во всех категориях:

Пищевые технологии. Оборудование и технологии для производства продуктов питания и напитков.

Комплексные инженеринговые решения.

Переработка сырья. Оболочки.

МясоПром. Убой и первичная переработка мясного сырья. Производство мясных, колбасных изделий и полуфабрикатов

ПтицеПром. Птицеводство, переработка мяса птицы.

РыбПром. Производство и переработка рыбы и морепродуктов. Рыбоводство.

КондитерПром. Производство кондитерских изделий.

ХлебПром. Производство хлебобулочных изделий

ЗерноПром. Переработка зерна. Производство муки, макаронных изделий

ФруктПром. Переработка овощей и фруктов, производство консервов.

МолТех. Производство молочных продуктов, сыров.

Розлив. Розлив жидких, вязких продуктов питания и напитков. Емкостное оборудование.

Напитки. Производство напитков.

Мороженое. Оборудование для производства мороженого.

Ингредиенты. Ингредиенты, добавки, специи. Технологии производства и применения.

ИнгредиентТех. Оборудование для производства ингредиентов.

Холод. Холодильное и морозильное оборудование.

УпакМаш. Упаковочное оборудование и материалы. Дозировка, фасовка, маркировка.

Пищевая безопасность. Пищевая безопасность и контроль качества.

Комплект. Комплекующие, агрегаты и материалы для пищевой промышленности.

Организатор выставки:

ЦВК «Экспоцентр», 123100, Россия, Москва, Краснопресненская набережная, 14

<https://www.agroprod mash-expo.ru/>

