

СЕКЦИЯ 1 ВАКУУМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОРУДОВАНИЕ

ПЕРСПЕКТИВЫ ВАКУУМНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ В РОССИИ

PROSPECTS FOR VACUUM ENGINEERING IN RUSSIA

Е.Н.Капустин

E.N. Kapustin

АО «Вакууммаш», г.Казань

Статья посвящена проблемам и перспективам развития вакуумного машиностроения в России. На конкретных примерах показаны перспективные направления развития вакуумной техники. Приведены примеры новых разработок АО «Вакууммаш».

Ключевые слова: вакуумное машиностроение, перспективы развития, разработки АО «Вакууммаш»

The article is devoted to the problems and prospects for the development of vacuum engineering in Russia. Specific examples show promising areas for the development of vacuum technology. Examples of new developments of JSC "Vacuummash" are given.

Keywords: vacuum engineering, prospects of development, developments of Vacuummash

Сегодня сложно представить нашу жизнь и промышленное производство без вакуума и вакуумных технологий. Количество применений вакуума увеличивается с каждым годом. А значит, увеличивается потребность и в технике, создающей и поддерживающей вакуум и в специалистах, способных эту технику обслуживать. Поэтому роль вакуумного кластера, созданного в Казани, приобретает для государства важнейшее значение.

Последнее десятилетие АО «Вакууммаш» был флагманом российского машиностроения. Инвестировал в новое производство, в кадровый потенциал. В кратчайшие сроки разработал и освоил инновационные продукты, без которых невозможно развитие многих отраслей промышленности.

В настоящий момент полученные компетенции приобретают особое значение. Перед АО «Вакууммаш» стоит задача расширять производство уже освоенных продуктов и разрабатывать новое перспективное оборудование, которое не производилось в России до настоящего времени. На первом месте расширение линеек винтовых, двухроторных, турбомолекулярных насосов и разработка комплекса вакуумных насосов для использования в технологических процессах производства микроэлектронных компонентов.

В этой связи мне хочется сказать несколько слов для наших потенциальных потребителей. Не секрет, что работать нам приходится в крайне непростых условиях. То, что наши зарубежные конкуренты разрабатывали годами и десятилетиями, АО «Вакууммаш» делает за год-два. На отечественной материальной базе. Испытывая новые изделия параллельно с производством. У нас просто нет времени. В таком режиме не избежать «детских ошибок» и необходимости, на начальном этапе, вносить корректировки в конструкторские и технологические решения.

При этом многие из наших клиентов привыкли к тому, что вакуумные насосы работают по принципу «включил и забыл». И малейшие отказы нового оборудования воспринимаются как катастрофа. Поэтому я хочу обратиться к нашим партнёрам с просьбой. Если мы хотим, чтобы в России были свои высокотехнологичные вакуумные насосы, если мы не хотим зависеть от импорта, то нам с Вами надо вместе пройти этот

путь. Мы не собираемся предлагать Вам «кучу металлолома», но прошу терпимо относиться к сгоревшему предохранителю. АО «Вакууммаш» всегда будет рядом. Поможет, подскажет, заменит, отремонтирует. И тогда через год-два мы будем иметь в России свои вакуумные насосы, способные решать все необходимые задачи. Сегодня уже никому не надо доказывать необходимость разработки и освоения производства всех необходимых средств откачки в России.

У АО «Вакууммаш» для этого есть всё – современное производство, квалифицированный персонал, своя научная база. Совместно с КНИТУ (КХТИ) ведётся подготовка специалистов, способных заниматься разработкой новых видов вакуумной техники, в том числе большой производительности, которые являются товарами двойного назначения и находятся под контролем служб экспортного контроля и МАГАТЭ. Только такие специалисты способны обеспечить технологическую безопасность России.

И АО «Вакууммаш» готово взять на себя ответственность за разработку необходимых типов вакуумного оборудования.

В этой связи особое значение приобретает сотрудничество КНИТУ и АО «Вакууммаш». Сегодня нас связывает не только подготовка новых кадров и программы повышения квалификации для специалистов предприятия, но и совместные разработки.

Уже начиная с 2013 года КНИТУ и АО «Вакууммаш» начали реализацию совместных проектов по разработке и постановке на производство новейших образцов вакуумной техники. Это стало возможным благодаря тому, что на кафедре сформировалась группа учёных под руководством профессора Бурмистрова А.В., научные интересы которого сосредоточены в области прикладных задач, связанных с исследованиями и разработкой бесконтактных безмасляных вакуумных насосов, в частности двухроторных, спиральных и винтовых.

Безусловно, что эти успехи были бы невозможны, если бы не АО «Вакууммаш». Несмотря на солидный возраст, Вакууммаш сегодня молодое и динамично развивающееся предприятие.

Исторически Вакууммаш производил вакуумные насосы, которые работают с использованием вакуумного масла. Это очень хорошие и надёжные насосы, но сегодня наука и промышленность предъявляют новые требования к вакууму – он должен быть без углеводородов. Поэтому сухие насосы занимают всё больше места на рынке.

Именно поэтому в 2013 году АО «Вакууммаш» совместно с КНИТУ при поддержке Министерства образования и науки РФ начали проект по разработке и созданию производства первого для себя безмасляного спирального вакуумного насоса [1, 2].

В результате реализации данного проекта был создан типоразмерный ряд вакуумных спиральных насосов (НВСп) производительностью 4, 12, 35 и 60 м³/час и организовано высокотехнологичное серийное производство безмасляных спиральных вакуумных насосов.



Рис. 1. Семейство спиральных вакуумных насосов НВСп.

В процессе реализации проекта удалось не только улучшить удельные характеристики насосов, но и снизить стоимость спиральных насосов по сравнению с зарубежными аналогами благодаря оптимизации конструкции насоса и выбору

оптимальных соотношений основных размеров роторного механизма (включая использование запатентованного профиля спирали) [3, 4], замещению дорогостоящих комплектующих иностранного производства на отечественные, в том числе собственного производства, например торцевых уплотнителей [5].

Продолжением работы по сухим вакуумным насосам стал самый амбициозный проект, вернее сразу три проекта, реализацию которых мы начали в 2018 году – это разработка принципиально новых для нас средств откачки – разработка больших механических бустерных насосов (насосов Рутса) НВД, разработка винтовых вакуумных насосов НВВ и разработка турбомолекулярных вакуумных насосов НВТ [6, 7]. Мы поставили себе задачу за три года разработать, испытать и начать производство всех трёх типов насосов. Задача необычайно сложная. Запланирована разработка следующих типоразмерных рядов насосов: НВВ 250 и 600 м³/ч, НВД 500, 1000, 2000, 4000 м³/ч, НВТ 160, 250, 400. Первыми среди разрабатываемых насосов будут НВВ-630, НВД-2000 и НВТ-400.

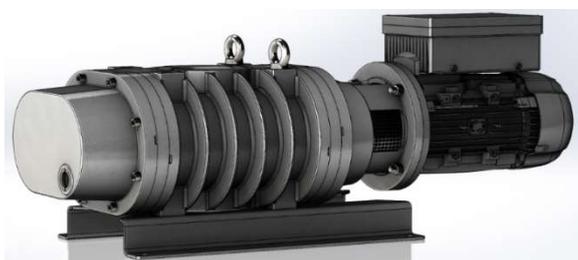


Рис. 2. Макет двухроторного вакуумного насоса НВД-1000.

Насосы Рутса мы хорошо знаем и даже производим небольшие типоразмеры. Теперь стоит задача разработать новую линейку насосов для различных применений и с различными вариантами обратной связи по входному давлению – и с байпасной линией, и с частотным приводом. Этот проект наиболее проработан благодаря совместной работе с нашими коллегами из технологического университета [8].

Винтовые вакуумные насосы - лидер среди всех видов безмасляной низко- и средне-вакуумной откачки. Этот тип насосов объединяет в себе все преимущества, присущие в отдельности остальным типам безмасляных насосов: высокая удельная быстрота действия на единицу массы, низкое предельное остаточное давление (до 0,5 Па) благодаря полному внутреннему сжатию, отсутствие ограничений по скорости действия.

Винтовая машина - основной конкурент системам откачки с масляным уплотнением: пластинчато-роторным и золотниковым насосам. Особенности конструкции роторного механизма делают этот тип насосов невосприимчивым к загрязнениям и позволяют использовать их в очень «грязных» промышленных технологических процессах, а также для откачки сред, содержащих пары жидкостей, и даже капельную влагу.



Рис.3. Макет вакуумного винтового насоса НВВ-630.

Однако, при всех преимуществах, этот насос никто в России до сих пор не производил. Имеющийся опыт по разработке и изготовлению винтовых компрессоров здесь использовать практически невозможно, так как профили винтов и сложность конструкции несопоставимы.

Турбомолекулярные насосы всем хорошо известны, а небольшой производительности даже производятся в России. Но для нас это абсолютно новый насос. Более того, мы приняли решение разрабатывать сразу большой насос производительностью 3 500 л/с и с приводом на магнитном подвесе. Такие насосы в России сейчас тоже не производятся.

И проблема не только в отсутствии опыта, но и в полном отсутствии в стране производств современных подшипников, приводов, необходимых приборов и т.д. Это касается всех новых проектов.

Другая задача, которая не менее, а порой и более сложная – технологическая. Мало «нарисовать» насос – его потом надо ещё и сделать. Мы уже начали подбор оборудования, и оказалось, что даже самые продвинутые производители станков не далеко не всегда готовы дать гарантию по изготовлению наших деталей с требуемой точностью. Только после нескольких лет поиска нам удалось подобрать необходимое оборудование.

Наше исторически сильное направление – струйные вакуумные насосы, к которым относятся диффузионные и бустерные паромасляные насосы. Несмотря на прогресс в развитии новых средств откачки, ставить точку в истории, например, диффузионных насосов, пока рано.

Вакууммаш разрабатывает и выпускает диффузионные и бустерные насосы уже 60 лет, в том числе последние 25 лет для компании Leybold GmbH. В 2020 году мы завершили проект по разработке нового типоразмерного ряда диффузионных вакуумных насосов с расширенным диапазоном работы – DIJ, так как за последнее десятилетие существенно поменялись области применения насосов и, соответственно, требования к ним.



Рис.4. Макет вакуумного турбомолекулярного насоса НВТ-400.

Сегодня диффузионный вакуумный насос – это насос чаще всего промышленного применения. И, чаще всего, это насос среднего вакуума. Уже почти никого (или только справочно) не интересует его остаточное давление, потому что подавляющее количество

технологических процессов проходят именно при среднем вакууме. Более того, современный диффузионный насос должен начинать работу от 1,33 Па ($1 \cdot 10^{-2}$ мм.рт.ст.), т.е. обладать возможностями бустерных насосов.

Кроме того, наряду с улучшенными характеристиками, к насосам предъявляются новые экономические и эксплуатационные требования такие как: снижение потребляемой мощности, снижение расхода охлаждающей воды, снижение количества заливаемой жидкости, удобство обслуживания и ремонта.

Поэтому в последние годы на Вакууммаше идёт целенаправленная исследовательская и научная работа по улучшению характеристик диффузионных насосов, оптимизации их конструкции, снижению эксплуатационных расходов, в первую очередь электроэнергии.

Именно таким требованиям соответствует новый насос D1J, способный устойчиво работать и обеспечивать максимальный поток откачиваемого газа при входном давлении $1 \cdot 10^{-2}$ мм.рт.ст. Разработаны и начато серийное производство насосов с условным проходом 320, 500, 630, 800, 1000 мм., подготовлена документация на насосы с условным проходом 250 и 400 мм. Наименование нового насоса DiJ для компании Leybold и НД-Э для российского рынка.

Насосы отличаются геометрией котла, позволяющей применять минимальное количество рабочей жидкости, новой конструкцией устройства для залива и слива рабочей жидкости. Нагревательные элементы новой конструкции позволяют производить их замену непосредственно на месте установки насоса.

Целенаправленная исследовательская и конструкторская работа позволила получить замечательный результат: насосы не уступают по своим характеристикам лучшим мировым образцам, а порой их превосходят. Так по массовым характеристикам и энергоэффективности наши насосы превосходят конкурентов на 10-20 %.

Таким образом, подводя итоги следует ещё раз подчеркнуть, что АО «Вакууммаш» и КНИТУ находятся сегодня на новом этапе инновационного развития. Благодаря тесному сотрудничеству промышленного предприятия и университета создана инновационно-ориентированная система непрерывного высшего образования в области физики вакуума, вакуумной техники и технологии, что позволяет разрабатывать и производить действительно уникальные продукты. Работы предстоит ещё очень много. Но мы считаем, что очень важно заявить о наших амбициях и желании выйти на рынок с самыми современными продуктами. Убеждены, что, не смотря на исключительную сложность поставленных задач, мы справимся с ними и АО «Вакууммаш» в очередной раз подтвердит звание лидера российского вакуумного машиностроения, КНИТУ – звание лидера в подготовке специалистов вакуумщиков, а Казань – звание ВАКУУМНОЙ СТОЛИЦЫ РОССИИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капустин, Е.Н. Создание высокотехнологичного производства безмасляных спиральных вакуумных насосов в России / Е.Н. Капустин, А.Е. Капустин, А.В. Бурмистров, С.И. Саликеев // Вестник Казанского технологического университета. – 2014, Т.17. - № 19 - С. 280 -283.
2. Капустин, Е.Н. Этапы разработки типоразмерного ряда отечественных безмасляных спиральных вакуумных насосов/ Е.Н. Капустин, А.В. Бурмистров, С.И. Саликеев // Вакуумная техника и технология. –2015. – Т. 25, № 2. - С. 176-180.
3. Патент на изобретение. 2565342 Российская Федерация, МПК F04C 18/02 (2006.01), С1. Спиральная машина / Бурмистров А.В., Райков А.А., Саликеев С.И., Бронштейн М.Д., Капустин Е.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "КНИТУ", ОАО "Вакууммаш" - заявка № 2014146836; зарегистрировано 16.09.2015 – 4 с.

4. Патент на изобретение. 2616894 Российская Федерация, МПК D06F 39/00 (2006.01), С2. Спиральная машина / Бурмистров А.В., Райков А.А., Саликеев С.И., Бронштейн М.Д., Капустин Е.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "КНИТУ", АО "Вакууммаш" - заявка № 2015138655; зарегистрировано 18.04.2017 – 3 с.

5. Капустин Е.Н. Разработка и освоение выпуска отечественных торцевых уплотнителей для безмасляных спиральных насосов / Е.Н. Капустин, А.А. Исаев, А.В. Тюрин, А.В. Бурмистров // Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2017», Казань. - 2017. – С. 34-38.

6. Бурмистров, А. В. Разработка нового типоразмерного ряда ДВН типа Рутс / А.В. Бурмистров, А.А. Райков, С.И. Саликеев, Е.Н. Капустин, А.А. Исаев // Наноиндустрия. - Наноиндустрия. Спецвыпуск (2s, том 13). – 2020. – С. 54-61.

7. Бурмистров, А.В. Новые совместные разработки АО «Вакууммаш» и КНИТУ бесконтактных безмасляных вакуумных насосов./ А.В. Бурмистров, Е.Н. Капустин // Материалы X Российской студенческой научно-технической конференции «Вакуумная техника и технология», Казань, 2021. – С.31-37.

8. Бурмистров А.В. Разработка двухроторного вакуумного насоса высокой производительности / А.В. Бурмистров, С.И. Саликеев, А.А. Райков // Материалы IX Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2018», Казань. - 2018. – С. 14-18.

9. Аляев В. А. Инновационно-ориентированная система непрерывного высшего образования в области физики вакуума, вакуумной техники и технологии /В. А. Аляев, А.В. Бурмистров, С. Б. Нестеров, Е.Н. Капустин // Сборник докладов и научных статей международной сетевой конференции Новые стандарты и технологии инженерного образования: возможности вузов и потребности нефтегазохимической отрасли» - Синергия - 2017». – Казань: Изд-во «Бронто», - 2017. – 410с.