

установке также изучена адсорбционная способность разных сорбентов, активированный уголь более подходит к данной задаче, чем силикагель и цеолиты.

На территории СНГ реализована установка для непрерывного получения неона и гелия высокой чистоты. Была разработана относительно «высокотемпературная» система адсорбционного блока и создана экспериментальная установка в интервале температур от 28 К до 80 К. Полученная статическая ёмкость по неону на силикагеле при 28 К больше, чем на угле СКТ-4 при азотной температуре[2]. Выводы этих опытов не сходятся, возможная причина: процесс исследовали при разных давлениях смеси.

Угольные наноматериалы в последние годы много изучены. Одностенные нанотрубки обладают отличными адсорбционными свойствами и являются наиболее перспективными материалами для хранения водорода. Несколько зарубежных исследователей изучали избирательности адсорбции редких газовых смесей на таком сорбенте. В диапазоне исследуемых параметров (от 0,2 до 1 МПа и от 4 до 40 К) наблюдались явления избирательности адсорбции неона от гелия. Такая избирательность сильно зависит от концентрации неона в смеси. При температуре 40 К такое явление заметнее, чем при 4К, это объясняется более сильным взаимодействием неон-неон при 4 К по сравнению с взаимодействием гелий-гелий [3].

Согласно плану научной работы в дальнейшем необходимо будет разработать схему, модернизировать научно-исследовательскую установку для ректификационного разделения криптона и ксенона и определить диапазоны устойчивых эксплуатационных режимов каскада колонн. В рамках работ по извлечению гелия планируется проведение экспериментов, исследование процессов адсорбции неона, водорода, гелия и их смесей на разных сорбентах при различных температурах и давлениях.

Список литературы

1. Ганбаров А.Б., Варламов Д.Н., Куликов Д.Ю., Проскурин Г.В. Определение параметров устойчивой работы ректификационной установки при отклонении от проектных условий // Газовая промышленность. 2018. №8 (772). С. 72-76.
2. Симоненко Ю. Энергосберегающие технологии в установках для получения неона и гелия высокой чистоты // ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА. 2014. № 4(150). DOI:10.15673/0453-8307.4/2014.28044.
3. Sha H., Faller R. Molecular simulation of adsorption and separation of pure noble gases and noble gas mixtures on single wall carbon nanotubes. // Computational Materials Science. 2016. № 114. pp. 160-166.

УДК 62-135

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ КРУПНОТОННАЖНЫХ ТУРБОДЕТАНДЕРОВ

Мамедов В.М., аспирант,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»
mamedov-vm@bk.ru

Научный руководитель: Архаров И.А., д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Развитие рынка энергоресурсов в Российской Федерации на фоне санкционного давления существенно замедлилось. В основном это связано с нарушением иностранными компаниями-поставщиками энергетического оборудования условий сотрудничества, в результате чего многие крупные нефте- и газоперерабатывающие заводы сталкиваются с

невозможностью осуществления гарантийного ремонта, планового осмотра и покупки комплектов запасных частей для криогенных турбодетандеров и турбокомпрессорных агрегатов.

Такая ситуация создает конкурентные условия для выхода на рынок крупнотоннажных машин отечественных частных производственных объединений. На сегодняшний день к таким компаниям можно отнести АО «НПО «ГЕЛИЙМАШ», ПАО «КРИОГЕНМАШ», ООО «РУСГАЗКРИО», ООО «КИСЛОРОДМАШ», технологические мощности которых могут быть использованы для разработки и последующего производства турбодетандеров с реализуемой при расширении рабочего вещества мощностью на валу порядка 2,5...10 МВт.

Оценка спроса на изготовление, научно-исследовательские работы, ремонт, плановый осмотр и поставку запасных частей для турбодетандеров и турбоагрегатов показывает, что за последние 10 лет количество открытых конкурсных заявок на площадке zakupki.gov.ru достигает порядка 2300. Средняя стоимость заявки для турбодетандеров составляет около 1,2 млрд рублей, а для турбокомпрессорных агрегатов – около 3,3 млрд рублей. На момент представления доклада эквивалентное количество заявок составляет 57.

Проведенный анализ свидетельствует об экономической рациональности развития соответствующих компетенций в области энергетического криогенного машиностроения. Открытым остается вопрос о проведении испытаний таких машин с целью установления степени соответствия заявленных характеристик фактическим. На фоне активного развития информационных технологий, методов математического моделирования [1], алгоритмов CFD-расчетов [2] возникает необходимость в верификации последних для достижения большей точности определения характеристик будущей машины еще на этапе проектирования. Нарботка экспериментальных данных и совершенствование предиктивной способности средств для инженерных расчетов существенно снижает объем капитальных затрат на отработку технических и технологических решений, внедряемых в конструкции машин с учетом появления новых прогрессивных средств механической обработки, аддитивных технологий и др.

Проведение испытаний крупнотоннажных машин с исследовательской целью приносит существенные убытки, которые связаны с простоем дорогостоящего изделия на производственно-испытательной площадке завода изготовителя. В тоже время разработка специализированных средств автоматизации технологического процесса проведения испытаний с функционалом, ориентированным на накопление, систематизацию, разметку и дальнейший анализ на базе промышленных решений требует точных данных о характеристиках машины и ее особенностях, которые до момент непосредственного изготовления агрегата остаются подвижными.

Следует учесть, что такое решение не является универсальным и не может применяться ко всему типоразмерному ряду выпускаемых турбодетандеров и турбоагрегатов. Это объясняется отсутствием гибкости при программировании промышленных микроконтроллеров и построении человеко-машинного интерфейса типа SCADA [3].

Время простоя готовой к передаче заказчику машины при ожидании производства, настройки средств автоматизации проведения испытаний и капитальные затраты на их проведение крайне непривлекательны производителю. В этом случае коммерческий интерес становится выше, чем развитие научного потенциала.

В качестве итога следует отметить необходимость и научную рациональность разработки и изготовления средств автоматизации проведения испытаний с учетом требуемого широкого функционала на базе доступных несанкционных электронных

компонентах и разработки программного обеспечения, построенного на ресурсах с открытым исходным кодом. Функциональные возможности такой системы должны обеспечивать гибкость в процессе адаптации к испытаниям машин разной мощности и назначения, чтобы быть привлекательными для производителей как с точки зрения стоимости организации испытаний, так и с позиции наработки экспериментальных данных и их анализа для расширения сферы своей деятельности в дальнейшем.

Список литературы

1. Данилишин А.М., Кожухов Ю.В. Разработка параметрической модели проточной части двухзвенной ступени с осерадиальным рабочим колесом центробежного компрессора // Территория «Нефтегаз». 2019; № 1(1-2): С. 12-18.
2. Данилишин А.М., Кожухов Ю.В. Алгоритм и примеры многопараметрической автоматизированной расчетной оптимизации компрессорных ступеней с осерадиальными рабочими колесами турбодетандерных агрегатов // Вестник международной академии холода. 2022; № 2. С. 27-34.
3. Слегтина В.А. Обзор и сравнение SCADA-систем // Вестник науки. 2022. №11(56). С. 183-187

УДК 661.939.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ И ПОДАЧИ КРИПТОНА ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ

Федоров А.В., аспирант

МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

fedorovav@bmstu.ru

Научный руководитель: Куприянов М.Ю., к.т.н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение»

Для использования высокочистого криптона важно не только получить требуемые параметры газа, но и обеспечить условия для их сохранения. Данная тема является актуальной в настоящее время, так как спрос на криптон высокой чистоты растет с каждым годом, и он может оказать значительное влияние на системы, в которых применяется в качестве рабочего тела.

Продукционный газ может быть загрязнен на следующих этапах: 1) закачка в тару; 2) хранение газа в таре; 3) перекачка продукта в систему потребителя. Исходя из того, что материалы и качество обработки поверхностей, которые находятся в контакте с чистым криптоном, могут быть различны, предположительно они оказывают воздействие на сохранение чистоты данного инертного газа. Рассматриваются следующие варианты материалов: 1) нержавеющая сталь; 2) углеродистая сталь; 3) легированная сталь; 4) алюминий, а также различные способы их термической обработки: 1) плазменное силицирование; 2) химическое травление; 3) электрополировка. Воздействие на состояние поверхности уменьшает ее шероховатость и, следовательно, геометрическую площадь поверхности, которая взаимодействует с чистым криптоном. Это позволяет снизить время подготовки поверхностей, так как на них адсорбируется меньше примесей. Существует несколько способов обработки: 1) нагрев с вакуумированием; 2) фотоактивация; 3) ультразвуковая десорбция; 4) электронная и ионная стимуляция. В экспериментальной части данной работы используется первый метод. [1]