

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Картавых Андрея Александровича «Моделирование низкотемпературного охлаждения емкостей в процессе фракционного разделения газовых смесей», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Диссертация А.А. Картавых посвящена повышению энергоэффективности производства по обогащению урана на Заводе разделения изотопов Акционерного общества «Сибирский химический комбинат» (ЗРИ АО «СХК») в части снижения затрат на эксплуатацию схемы фракционного разделения газовых смесей на объединённом участке конденсационно-испарительных установок (ОУ КИУ). В схеме фракционного разделения одним из хладагентов является жидкий азот, который применяется для охлаждения емкостей, предназначенных для десублимации фтористого водорода и гексафторида урана. Жидкий азот заливается персоналом вручную в каждый сосуд охлаждения дважды в смену из переносных сосудов Дьюара. С учетом значительных объемов потребления жидкого азота для охлаждения емкостей на установке К-09 ОУ КИУ, задача по изменению способа охлаждения становится весьма актуальной.

Целью диссертации Картавых А.А. является обоснование возможности замещения жидкого азота, холодным воздухом в схеме фракционного разделения газовых смесей установки К-09 ОУ КИУ ЗРИ АО «СХК». В качестве источника холодного воздуха автором предложено использовать воздушно-холодильные машины ВХМ-0,54/0,6 (ВХМ-0,54/0,6). Применение холодного воздуха взамен жидкого азота позволит значительно снизить эксплуатационные затраты на ведение процесса фракционного разделения, обеспечить автоматизацию и диспетчеризацию процесса охлаждения и снизить уровень воздействия вредных производственных факторов на персонал.

Во введении диссертации сформулирована актуальность выбранной темы исследований, цель работы, ее практическая ценность, научная новизна, представлены положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации посвящена подробному анализу работы основных технологических переделов и узлов установки фракционного разделения газовых смесей на заводе разделения изотопов АО «СХК». Приведены режимы работы коллекторов установки К-09, откачной системы и узла защиты вакуумных насосов, определен состав газовых смесей и их массовый расход.

Приведено технико-экономическое и, что очень важно, экологическое обоснование замещения жидкого азота холодным воздухом для охлаждения емкостей на ЗРИ АО СХК».

Проведен литературный обзор и анализ подходов к математическому моделированию процессов тепло- массообмена при десублимации компонентов газовых смесей.

Во второй главе изложены результаты исследования процессов тепло-массообмена, протекающих в емкости при ее охлаждении до температуры жидкого азота и холодного воздуха. Определена минимально необходимая температура охлаждения емкости, при которой обеспечиваются допустимые концентрации основных компонентов газовой смеси на выходе из охлаждаемой ёмкости. Представлены результаты промышленных испытаний по охлаждению технологических емкостей холодным воздухом от ВХМ-0,54/0,6.

В третьей главе диссертации представлены результаты экспериментальных работ, по оценке возможности применения холодного воздуха взамен жидкого азота. Работы проводились на специально сконструированном и разработанном опытном стенде с имитацией процесса десублимации фтористого водорода с параметрами близкими к технологическим. По полученным результатам работ видно, что наличие неконденсируемых примесей при воздушном охлаждении не оказывает влияния на процесс десублимации фтористого водорода и при охлаждении холодным воздухом обеспечивается необходимая степень улавливания фтористого водорода.

Так же приведено экспериментальное обоснование возможности применения схемы фракционного разделения газовых смесей в две ступени с двумя независимыми контурами охлаждения взамен существующей трехступенной. Предложена схема воздушного охлаждения осадительных емкостей на установке К-09.

В четвертой главе диссертации представлены результаты опытно-промышленной эксплуатации воздушного охлаждения емкостей на установке К-09 ОУ КИУ от ВХМ-0,54/0,6. Подтверждено, что при охлаждении емкостей холодным воздухом от ВХМ-0,54/0,6 с температурой 133 К обеспечивается требуемая очистка газовой смеси как от проскоков гексафторида урана, с предыдущей ступени фракционного разделения так и от фтористого водорода.

Пятая глава посвящена численному моделированию процесса теплообмена в воздушных теплообменниках осадительных емкостей установки К-09 при охлаждении от ВХМ-0,54/0,6.

По результатам моделирования процесса теплообмена определена требуемая холодильная мощность установки, необходимая для охлаждения всех емкостей установки К-09, время охлаждения емкостей до температуры 133 К и рациональное размещение в производственном помещении.

Разработана принципиальная схема воздушного охлаждения технологических точек установки К-09 и выданы исходные данные на разработку конструкторской документации.

В заключении сформулированы основные выводы диссертации.

Новизна результатов проведенных исследований. В диссертационной работе Картавых А.А. получены следующие новые результаты.

1. Экспериментально доказана возможность фракционного разделения газовой смеси HF и UF_6 при десублимации ее в одной емкости и последующей сублимации, путем термостатирования емкости при разных температурах.

2. Определена эффективность улавливания UF_6 и легких примесей из технологических потоков ЗРИ АО «СХК» в емкости, охлаждаемые холодным воздухом с температурой 133 К, которая составляет не менее 93,7 % от общего массового расхода газовой смеси.

3. Показана возможность и эффективность замены жидкого азота холодным воздухом для проведения фракционной очистки на производстве по разделению изотопов урана.

Обоснованность и достоверность обеспечивается применением в исследованиях апробированных экспериментальных методик и современного сертифицированного оборудования, использованием классических методов термодинамических расчетов и статистической обработки экспериментальных данных, верификацией используемых математических моделей, хорошей сходимостью полученных теоретических результатов с экспериментальными данными. В диссертации и автореферате есть фраза, что достоверность результатов обеспечивается также и тем, что «...при проведении расчетно-теоретического обоснования термостатирования ёмкостей установки К-09 ОУ КИУ использовалась программа для ЭВМ зарегистрированная в «Роспатенте». Но регистрация в «Роспатенте» как таковая, не гарантирует качество программы (по крайней мере, без ссылок на то, что эта программа была верифицирована, валидирована по соответствующим задачам).

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов.

Исследование автора расширяет представление о процессах теплообмена, протекающих при десублимации газообразных веществ на производствах по разделению изотопов урана.

Теоретически и экспериментально обоснована возможность замещения жидкого азота, холодным воздухом с температурой 133 К от ВХМ-0,54/0,6 для охлаждения емкостей установки К-09 ОУ КИУ ЗРИ АО «СХК». Разработаны исходные данные на разработку конструкторской документации на систему централизованного воздушного охлаждения технологических точек установки К-09 ОУ КИУ ЗРИ.

Предложенный автором способ воздушного охлаждения технологических точек с применением ВХМ-0,54/0,6 может быть применен на аналогичных разделительных предприятиях Акционерного Общества «ТВЭЛ».

В целом диссертация написана понятным языком, а ее оформление принципиальных нареканий не вызывает. Приведен список сокращений и условных обозначений, что существенно облегчает знакомство с материалом. Автореферат соответствует основным положениям диссертации.

Основные замечания к работе.

1. В 5-й главе работы производился расчет газодинамических и теплообменных процессов течения холодного воздуха с помощью программы для ЭВМ «Программа для расчета охлаждения блока приемных емкостей для

десублимации газа». Ни в диссертации, ни, тем более, в автореферате нет описания работы программы, систем балансных уравнений и замыкающих соотношений. Непонятна даже пространственная размерность моделей (точечные, квазиодномерные, двухмерные..). Есть только фразы, что «Физико-математическая модель уточнена в части.....», есть некое описание конструктивных элементов, немного нодализации.

2. При опробовании ВХМ №5 автор установил, что показания термометров сопротивления на точках №1 и №3, не отражают действительной температуры промежуточных емкостей. При этом не приведена модель и не оценена неопределенность измерения термометров сопротивления.

3. По результатам испытаний ВХМ сформулирован вывод о том, что теплотери приводят к повышению температуры возвратного воздуха в ВХМ и как следствие к снижению КПД турбодетандерной установки ВХМ. Но, хотелось бы знать, хотя бы оценочные величины этих потерь.

4. По результатам опытно-промышленной эксплуатации (ОПЭ) воздушного охлаждения на коллекторах установки К-09 определены величины проскока легких примесей через емкости, охлаждаемые холодным воздухом от ВХМ с температурой 133 К. Не, почему-то, не приведено сравнение с величинами проскока легких примесей через емкости, охлаждаемых жидким азотом.

5. В тексте диссертации и автореферата нередко используются внесистемные единицы измерения величин и соответствующие обозначения: литры, мм.рт.ст., мкм. рт. ст., кг/сутки...

6. Хотя, в целом работа написана достаточно грамотно с точки зрения орфографии и синтаксиса, изредка встречаются некорректные фразы, например, «не конденсируемые газы..»

Сделанные замечания не затрагивают основ защищаемых положений и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Материалы диссертационной работы докладывались на международных и российских научных конференциях, опубликованы в научных статьях, в том числе в рецензируемых научных журналах, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, есть патенты и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: Сама диссертация характеризуют автора как сложившегося исследователя, владеющего современными научными и инженерными методами.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Высшей аттестационной комиссией Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача обоснование возможности замещения жидкого азота, холодным воздухом для охлаждения емкостей при фракционном разделении газовых смесей

на ЗРИ АО «СХК», расчета и проектирования нового теплотехнического оборудования, применяемого в технологии разделения изотопов, соответствует специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника по физико-математическим наукам.

Внедрение разработанных диссертантом научно обоснованных решений вносит существенный вклад в развитие соответствующей отрасли.

На основании изложенного считаю, что диссертация Картавых А.А «Моделирование низкотемпературного охлаждения емкостей в процессе фракционного разделения газовых смесей» является законченным научным исследованием и соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. от 01.10.2018 г.). Автор диссертации Картавых Андрей Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент

главный научный сотрудник лаборатории проблем тепломассопереноса Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, доктор физико-математических наук (01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника), профессор

«25» ноября 2019г.



Лежнин Сергей Иванович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук.

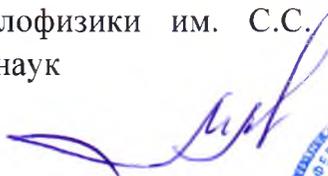
630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 1.

<http://www.itp.nsc.ru>, эл. почта: director@itp.nsc.ru,

тел. организации: 8 (383) 330–90–40.

Подпись С.И. Лежнина заверяю:

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук



М.С. Макаров