

## ОТЗЫВ

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

**Целью работы** является теоретическое и экспериментальное обоснование возможности замещения жидкого азота холодным воздухом для охлаждения ОС на установке К-09 ОУ КИУ ЗРИ АО «СХК».

**Задача** перехода на использование холодного воздуха для охлаждения емкостей в процессе фракционного разделения газовых смесей в производстве по разделению изотопов урана является актуальной. При этом необходимо расчетно-экспериментальным путем определить эффективный температурный уровень охлаждения ОС; провести экспериментальные исследования влияния присутствия неконденсируемых примесей на процесс десублимации HF при имитации технологического процесса фракционного разделения газовых смесей, количественную оценку величины проскока HF через ОС, охлаждаемую холодным воздухом.

Необходимо также определить эффективность улавливания компонентов газовых смесей в емкости охлаждаемой холодным воздухом на технологических потоках установки К-09 ОУ КИУ ЗРИ АО «СХК» и выполнить теоретическое моделирование процессов теплообмена в схеме воздушного охлаждения на установке К-09 ОУ КИУ при существующей технологической нагрузке, с учетом потока тепла от десублимации газовой смеси и теплообмена оборудования с окружающей средой.

**Научная новизна** диссертации заключается в следующих положениях:

1. Экспериментально доказана возможность фракционного разделения газовой смеси HF и ГФУ с десублимацией ее в одной емкости и последующей сублимацией, путем термостатирования при разных температурных уровнях.
2. Определена эффективность улавливания ГФУ и легких примесей из технологических потоков ОУ КИУ ЗРИ в емкости, охлаждаемые холодным воздухом с температурой 133 К. Эффективность улавливания составляет не менее 93,7 % от общего массового расхода газовой смеси.
3. Доказана возможность замены жидкого азота холодным воздухом для охлаждения емкостей в производстве по разделению изотопов урана. При охлаждении холодным воздухом обеспечивается необходимая степень очистки газовой смеси от легких примесей.

4. Разработанные методики и оборудование могут быть использованы при проведении исследований физических свойств газообразных веществ при криогенных температурах.

**Практическая и теоретическая ценность:**

- изменена конструкция существующего опытного стенда для решения задачи исследования влияния не конденсируемых газов на процесс десублимации основной примеси технологических потоков при воздушном охлаждении от ВХМ;

- разработана методика проведения эксперимента по оценке влияния неконденсируемых газов на процесс десублимации одного из компонентов газовой смеси;

- результаты теоретического моделирования удовлетворительно совпадают с результатами ОПЭ, поэтому используемая математическая модель может быть использована для проектирования аналогичных систем воздушного охлаждения;

- экспериментально обоснован способ охлаждения ОС холодным воздухом до температуры 133 К. Определена величина проскока НГ в узел защиты вакуумных насосов через ОС охлаждаемый холодным воздухом от ВХМ;

- предложенная схема централизованной системы охлаждения технологических точек установки К-09 ОУ КИУ с применением ВХМ-0,54/0,6, принцип организации охлаждения может быть применен на предприятиях разделительно-сублиматного комплекса АО «ТВЭЛ».

**Научная и методическая ценность:**

Использовалось компьютерное моделирование процессов течения холодного воздуха в воздушном теплообменнике и трубопроводной сети с учетом теплообмена со стенками емкости и трубопроводов. Экспериментальные исследования влияния неконденсируемых примесей и эффективности улавливания компонентов газовой смеси при охлаждении от ВХМ проводились на специально смонтированной опытно-промышленной установке.

**Апробация.** Материалы диссертационных исследований широко опубликованы. Имеются 18 публикаций, в том числе 3 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (из них 1 статья в российском научном журнале, входящем в Web of Science, 1 статья в российском научном журнале, переводная версия которого входит в Web of Science).

В качестве замечаний по работе следует отметить:

1. Из автореферата не ясно как проводилось исследование на сходимость численного решения.
2. Из автореферата не ясно, почему на рис. 10 а) б) в) начальные расчётные температуры для кривых 1 и 2 разные.

Несмотря на замечания, совокупность полученных автором результатов можно трактовать как вклад в научное направление, связанное с исследованием физических свойств газообразных веществ при криогенных температурах.

**Выводы:**

1. Диссертация представляет завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему.
2. Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемому ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Картавых Андрей Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Доктор физико-математических наук, доцент,  
профессор кафедры «Прикладная математика  
и информатика» федерального  
государственного образовательного учреждения  
высшего образования «Тольяттинский  
государственный университет»



Сафронов Александр  
Иванович

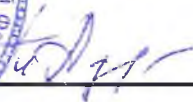
Почтовый адрес: 445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14, каб. У-416

Тел: (8482)53-91-81

e-mail: [safr.a@mail.ru](mailto:safr.a@mail.ru)

Подпись Сафронова Александра Ивановича заверяю:

Ученый секретарь федерального государственного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Тольяттинский  
государственный университет»



Адаевская Татьяна  
Ивановна

Почтовый адрес: 445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

19.11.2019 г.