

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Ректор Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Санкт-Петербургский  
государственный технологический институт  
(технический университет)» (СПбГТИ (ТУ))

*шев*  
А.П. Шевчик

« 5 »

10

2023

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертационную работу Маннанова Тимура Ильнуровича по теме «Исследование гидродинамических характеристик устройств ввода сырья и каплеотбойных устройств для колонного и сепарационного оборудования», выполненную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. – «Процессы и аппараты химических технологий»

На отзыв представлена сама диссертационная работа, выполненная на 164 страницах машинописного текста, и ее автореферат на 24 страницах.

Структура изложения материала в обеих работах традиционна для технических научных диссертаций. Для диссертации это введение, 4 главы основного текста, заключение, список литературы и приложения. Обе работы написаны технически и стилистически грамотно, текстовая часть сбалансирована с рисунками, графиками, таблицами и формулами.

**1. Актуальность темы выполненной работы**

Диссертация Маннанова Тимура Ильнуровича посвящена исследованию внутренних устройств сепарационного и колонного оборудования – устройствам ввода сырья и каплеотбойным устройствам.

Эффективность работы устройств ввода сырья влияет на энергозатраты процесса ректификации в целом. Разработка энергосберегающих технологий и снижение энергозатрат в нефтяной отрасли являются важнейшими задачами современной науки, таким образом, исследования работы устройств ввода сырья являются имеют высокую степень актуальности.

Каплеотбойные устройства применяются в ректификационных и абсорбционных колоннах и сепараторах с целью снижения капельного уноса жидкости с потоком газа. На компрессорных станциях попадание капель



жидкости в газ сепарации может привести к выходу из строя компрессорного оборудования, или к выпадению конденсата в магистральных трубопроводах. В связи с этим наблюдается тенденция к ужесточению требований к содержанию капельной жидкости в газах сепарации, например, на предприятиях группы ПАО «Газпром». В ректификационных и абсорбционных колоннах каплеотбойник применяется для снижения потерь продукта, например, потерь амина для аминовых абсорберов. Учитывая вышесказанное, исследование и разработка эффективных каплеотбойных устройств является актуальной задачей.

Следует отметить, что автором применялись современные методы исследования, такие как компьютерное моделирование, с применением широко распространенного апробированного программного обеспечения ANSYSCFX для выполнения CFD-анализа. Применялось такое программное обеспечение, как программа UnisimDesign для расчета энергозатрат в процессе ректификации, и программа Компас-3D для получения расчетной модели геометрии устройств ввода сырья и каплеотбойных устройств.

## **2. Степень разработанности темы исследований**

В настоящее время, при разработке энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий применительно к процессам ректификации в колоннах делается упор на исследования разработки контактных устройств, таких как тарелки и насадки, при этом остальные типы внутренних устройств, в том числе устройства ввода сырья и каплеотбойники, зачастую остаются без должного внимания со стороны исследователей.

В настоящее время в зарубежной литературе опубликованы исследования различных устройств ввода сырья, с применением CFD-анализа, однако следует отметить отсутствие общего подхода к расчету и подбору устройств ввода сырья, по крайней мере в публичной научной и технической литературе. Автором предпринимается попытка выполнить сравнительный анализ различных устройств ввода сырья, выработать общие сравнительные критерии оценки, установить зависимости конструктивных и технологических параметров на эффективность работы устройств ввода сырья.

Несмотря на требования производства по снижению уровня каплеуноса с газами сепарации до  $5 \text{ мг/м}^3$ , результаты обобщенных исследований, технические решения и методики проверки капельного уноса не опубликованы в научной и технической литературе, и эта задача является актуальной. В настоящее время широко распространены центробежные и



сетчатые каплеотбойные устройств, а рассматриваемые в диссертации насадочные каплеотбойные устройства являются достаточно новым и перспективным типом каплеотбойных устройств.

### **3. Значимость для науки результатов диссертационных исследований, полученных автором.**

1. Автором предложены критерии оценки работы устройств ввода сырья: критерии высоты сепарационной зоны и высоты зоны распределения парового потока. Предложенные критерии позволяют оценивать эффективность работы любого устройства ввода сырья с двух точек зрения: с точки зрения эффективности сепарации (чем выше эффективность сепарации устройства ввода сырья, тем меньше требуется высота зоны ввода сырья и, таким образом, ниже высота аппарата в целом), и с точки зрения распределения потока пара над зоной ввода сырья (равномерность распределения паров значительно влияет на эффективность работы насадочных контактных устройств ректификационных колонн). Таким образом, с применением данных критериев появляется возможность определить общий подход к оценке эффективности работы устройств ввода сырья в целом, что важно с научной точки зрения.

2. Для различных конструкций устройств ввода сырья отбойного и лопастного типа методом CFD-моделирования: определён диапазон эффективного применения, определено влияние доли отгона сырья на критерии их работы. Научную значимость составляет применение единого подхода к оценке работы устройств ввода сырья различной конструкции и размеров, а также для случаев с разным соотношением паровой и жидкой фаз в подаваемом потоке.

3. Для лопастных устройств ввода сырья получены зависимости критерия высоты сепарационной зоны от конструктивных параметров при различных критериях Вебера. Автором разработаны эмпирические уравнения, позволяющие оценить эффективность сепарации различных лопастных устройств ввода сырья в зависимости от их размеров и от скорости подачи сырья и его физических свойств. При этом уравнения проверены для различных составов сырья ректификационных колонн, применяемых на различных установках.

4. Для одноступенчатых насадочных каплеотбойных устройств противоточного и перекрестноточного типов (конфигурация «одна полоса») методом математического и физического моделирования определен диапазон эффективной работы при различных удельных нагрузках. Помимо



определения диапазона работы каплеотбойных устройств следует отметить хорошую сходимость результатов, полученных на экспериментальном стенде и полученных в ходе компьютерного моделирования, с учетом высокой сложности конструкции насадки (гофрированные просечно-вытяжные листы, сетки, объединенные в единый блок).

#### **4. Значимость для производства результатов диссертационных исследований, полученных автором.**

1. Автором сформулированы конкретные рекомендации по выбору типов устройств ввода сырья в зависимости от скорости подачи сырья, его физических свойств, соотношения паровой и жидкой фаз, на основе полученных диапазонов эффективной работы.

2. Разработаны новые конструкции устройств ввода сырья, защищенные патентами (1 патент на изобретение и 1 патент на полезную модель).

3. Предложены рекомендации по выбору конфигурации насадочного каплеотбойника на основании паровой нагрузки, на основе полученных диапазонов эффективной работы. На основе исследований разработана программа для подбора насадочных каплеотбойных устройств, защищенная Свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ.

4. Получен акт внедрения исследуемых каплеотбойных устройств на двух газосепараторах (сепаратор С2 компрессорной станции Еты-Пуровского месторождения, сепаратор ГС-1/1 дожимной насосной станции №2 Ярайнерского месторождения) АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз», а также на основе исследований разработана Методика определения капельного уноса жидкости с газом сепарации М У05-01-2019, применяемая в ООО «НИПИ НГ «Петон».

#### **5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Разработанные устройства ввода сырья могут быть применены в сепараторах и ректификационных колоннах на предприятиях нефтепереработки: ПАО НК «Роснефть» - заводы УНПЗ; Новойл, Уфанефтехим; ПАО «Газпром Нефть» - Московский и Омский нефтеперерабатывающий заводы; на нефтехимических предприятиях: ПАО «Уфаоргсинтез», ПАО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», ПАО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез».



Разработанные каплеотбойные устройства применяются, согласно акту внедрения, на сепараторах АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз», и могут применяться на подобных аппаратах группы компаний «Роснефть» и «ЛУКОЙЛ».

Также результаты исследований могут применяться при проектировании колонн и сепараторов проектными институтами, такими, как ООО «Башгипронефтехим», ООО «НИПИ НГ «Петон».

## **6. Публикации, отражающие основное содержание диссертации**

Соискатель имеет 18 работ по теме диссертации, из них 3 статьи опубликовано в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных Высшей аттестационной комиссией (из них 2 статьи в журнале, индексируемом в международной базе Scopus), 1 учебное пособие общим объемом 93 стр., 11 работ опубликовано в материалах различных научных конференций, получено 2 патента РФ и 1 Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

При рассмотрении диссертации Маннанова Т.И. выявлен ряд **замечаний:**

1. Учитывая, что на процесс сепарации оказывает влияние не только поверхностное натяжение жидкой фазы, но и сила тяжести, было бы интересно исследовать влияние на эффективность устройств ввода сырья, например, значения критерия Фруда, либо какого-нибудь производного критерия, учитывающего влияние как поверхностного натяжения, так и силы тяжести.

2. В таблице 4.2 приведены расчетные данные исследования перекрестноточного каплеотбойного устройства, из которой видно, что содержание воды на входе в каплеотбойник изменялось. Для сравнения работы каплеотбойника при разных скоростях подачи сырья следовало поддерживать одинаковую концентрацию жидкой фазы.

## **7. Заключение**

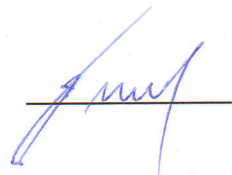
Диссертация является законченной научно-квалификационной работой. Основные результаты исследований достаточно полно представлены в публикациях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК; базу Scopus, а также на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Автореферат по содержанию соответствует диссертации и отражает основные положения и выводы, выносимые на защиту.

По уровню актуальности, достигнутой цели и решенных задач, научной новизны, теоретической и практической ценности, апробации и публикаций, компьютерного моделирования сложных гидродинамических процессов в устройствах ввода сырья, каплеотбойных устройствах колонных и сепарационных аппаратов работа Маннанова Т.И. соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в ред. Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. – «Процессы и аппараты химических технологий».

Доклад соискателя был заслушан и обсужден на заседании кафедры процессов и аппаратов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», протокол № 2 от «05» октября 2023 г.

Зав. кафедрой процессов и аппаратов  
доктор технических наук (05.17.08 –  
«Процессы и аппараты химических  
технологий»), профессор



Флисюк Олег Михайлович

Адрес: 190013, г. Санкт-Петербург,  
Московский проспект, д. 24-26/49 лит. А  
Телефон: +7 812 494-92-03  
E-mail: [office@technolog.edu.ru](mailto:office@technolog.edu.ru)  
Веб-сайт: <https://technolog.edu.ru/>

Подпись Флисюка О.М. заверяю

