

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа
Кафедра Технологические машины и оборудования нефтегазового
комплекса

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Э.А. Петровский

« ____ » _____ 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

направление 15.03.02 «Технологические машины»
профиль 15.03.02.01 «Проектирование технических и технологических
КОМПЛЕКСОВ»

**Технологическая установка для отделения газа от нефти
методом экстракции**

Руководитель _____ к.т.н., доцент Е.А. Соловьёв

Выпускник _____ В.С. Фёдоров

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Кафедра Технологические машины и оборудования нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Э. А. Петровский

« ____ » _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Красноярск 2016

Студенту Фёдорову Вячеславу Сергеевичу

Группа НБ 12-02

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины»

Профиль 15.03.02.01 Проектирование технических и технологических комплексов

Тема выпускной квалификационной работы «Технологическая установка для отделения газа от нефти методом экстракции»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР Е.А. Соловьёв, доцент кафедры ТМиОНГК, Институт нефти и газа Сибирского федерального университета

Исходные данные для ВКР: В работе рассматривается технологическая установка, предназначенная для извлечённых растворённых газов из нефти методом экстракции. Требуемая производительность: 10 т/ч. Требуемая степень очистки: 99.99 %.

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР):

Введение. Актуальность темы и современное состояние проблемы

Раздел 1 – Литературный обзор. Аналитический обзор литературы, в том числе патентных источников по теме работы. Изучение основных характеристик нефти Сибири (состав, вредные примеси). Сравнительный анализ применяемых технологических процессов и оборудования для извлечения газов из нефти при помощи растворителей. Изучение характеристик экстрагентов для очистки нефти. Анализ основных факторов, влияющих на эффективность работы аппарата для извлечения растворённых газов из нефти. Заключение литературному обзору, постановка задач на проектирование. Отчёт о патентных исследованиях (способы и устройства очистки попутного нефтяного газа от серы) выполнить отдельным приложением к бакалаврской работе.

Раздел 2 – Конструкторско-технологический раздел. Разработка технологической схемы установки. Расчёт основных параметров аппарата (габаритные размеры, толщина стенки корпуса, толщина теплоизоляции). Разработка конструкции аппарата. Выбор и обоснование вспомогательного оборудования (насосы, запорная и регулирующая арматура, средства автоматизации технологического процесса, средства обеспечения безопасности).

Раздел 3 – Эксплуатация и ремонт. Разработка методики защиты оборудования от коррозии. Разработка мероприятий по безопасной эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту установки.

Заключение. Выводы по результатам выполненной работы.

Перечень графического и иллюстративного материала: Технологическая схема с описанием принципа работы установки (1 лист формата А3), чертёж общего вида аппарата для извлечения газов из нефти (1 лист формата А3), чертеж корпуса аппарата (1 лист формата А3), презентация (12 –16 страниц).

Руководитель ВКР _____ Е.А. Соловьёв

Задание принял к исполнению _____ В.С. Фёдоров

«___» _____ 2016 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа по теме «Технологическая установка для отделения газа от нефти методом экстракции» содержит 63 страницы текстового документа, 10 рисунков, 3 приложения, 20 использованных источников, 2 листа графического материала.

Цель работы: проанализировать метод экстракции нефти от газа, рассмотреть существующие технологические установки, выбрать и рассчитать технологическую установку для экстракции нефти от газа.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) анализ метода экстракции
- 2) обзор существующего оборудования для экстракции нефти от газа
- 3) подбор экстракционной установки
- 4) расчет основных параметров экстрактора
- 5) разработка требований по безопасности и техническому обслуживанию технологической установки экстракции

Содержание

Введение	8
1 Литературный обзор	10
1.1 Основные характеристики нефтяного сырья.....	10
1.2 Основы технологии экстракционного извлечения газов из жидкостей.....	13
1.3 Основные схемы технологических процессов экстракционной очистки нефти.....	15
1.4 Основные характеристики экстрагентов для очистки нефти.....	16
1.5 Особенности конструкций аппаратов для проведения процесса экстракции.....	18
1.6 Факторы, влияющие на эффективность работы аппаратов для экстракционной очистки нефти.....	25
1.7 Заключение к литературному обзору.....	27
2 Конструкторско-технологический раздел	29
2.1 Разработка технологической схемы установки для извлечения растворённых газов из нефти методом экстракции.....	29
2.2 Расчёт основных параметров аппарата для экстракции газов и нефти.....	31
2.3 Выбор вспомогательного оборудования.....	31
2.3.1 Привод перемешивающего устройства.....	31
2.3.2 Насос для подачи сырья.....	32
2.3.3 Насос для подачи реагента.....	33
2.3.4 Расходомер.....	34
3 Эксплуатация и ремонт	35
3.1 Разработка методики защиты оборудования от коррозии.....	35
3.2 Мероприятия по безопасной эксплуатации экстрактора.....	35
3.3 Мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту установки...38	38

Заключение	42
Список использованных источников.....	44
Приложение А - Отчёт о патентных исследованиях.....	46
Приложение Б - Программа расчёта основных параметров аппарата.....	57
Приложение В - Графические материалы.....	64

Введение

Нефть, извлекаемая из скважин, всегда содержит в себе попутный газ.

В состав нефти входят различные газы органического (метан, этан, пропан, бутан) и неорганического (сероводород, углекислый газ и гелий) происхождения. Большая часть этих углеводородов может быть потеряна при хранении и транспортировании нефти. Чтобы ликвидировать потери газов, а вместе с ними и лёгких бензиновых фракций, предотвратить загрязнение атмосферы, необходимо максимально извлечь лёгкие углеводороды. [8]

Отделение нефти от газа предусмотрено с целью:

- 1) получения нефтяного газа (химического сырья или топлива);
- 2) снижения гидравлических сопротивлений, а также возможности образования стойких нефтяных эмульсий;
- 3) разрушения структуры образовавшейся пены;
- 4) уменьшения пульсаций давления при транспортировании нефтегазоводяной смеси по сборным коллекторам, проложенным от дожимных насосных станций до установок подготовки нефти.

Присутствие в нефти газов способствует образованию в трубопроводах газовых пробок, которые затрудняют перекачивание. Попутный нефтяной газ нужно отделять от нефти для того, чтобы она соответствовала требуемым стандартам. [8]

Долгое время ПНГ оставался для нефтяных компаний побочным продуктом, поэтому и проблему его утилизации решали достаточно просто — сжигали. В России в результате сжигания газа в факелах ежегодно образуется почти 100 млн. тонн CO_2 . Опасность представляют также выбросы сажи: по мнению экологов, мельчайшие сажевые частички могут переноситься на большие расстояния и осаждаться на поверхности снега или льда. Основным способом утилизации ПНГ является его разделение на компоненты, из которых большую часть составляет сухой отбензиненный

газ, по сути, тот же природный газ, то есть в основном метан, который может содержать некоторое количество этана. Вторая группа компонентов носит название широкой фракции легких углеводородов. Она представляет собой смесь веществ с двумя и более атомами углерода (фракция C₂+). Именно эта смесь является сырьем для нефтехимии.

Целью данной работы является обзор технологического оборудования для очистки нефти от газа методом экстракции. Основными задачами выпускной работы являются изучение технологий экстракции нефти и выбор оптимального оборудования.

1 Литературный обзор

1.1 Основные характеристики нефтяного сырья

В соответствии со стандартом Р 51858-2002 приняты два определения нефти:

Сырая нефть – жидкая природная ископаемая смесь углеводородов широкого физико-химического состава, которая содержит, воду, минеральные соли, растворенный газ и служит для производства жидких энергоносителей, смазочных масел, битума и кокса.

Товарная нефть – нефть, подготовленная к поставке потребителю в соответствии с требованиями действующих нормативных и технических документов. [8]

К основным характеристикам нефти и нефтепродуктов относятся:

- 1) плотность;
- 2) удельный вес;
- 3) вязкость;
- 4) температуры вспышки, воспламенения и самовоспламенения;
- 5) температуры застывания, помутнения и начала кристаллизации;

Плотность нефти и нефтепродуктов

Поскольку основу нефти составляют углеводороды, то ее плотность обычно меньше единицы. Плотности нефтепродуктов существенно зависят от фракционного состава и изменяются в следующих пределах:

- нефть (плотность 0.800-0.950 г/см³),
- бензин (плотность 0.710-0.750 г/см³),
- керосин (плотность 0.750-0.780 г/см³),
- дизельное топливо (пл. 0.800-0.850 г/см³),

масляные погоны (пл. 0.910-0.980 г/см³),
мазут (плотность ~ 0.950 г/см³),
гудрон (плотность 0.990-1.0 г/см³),
смолы (плотность > 1.0 г/см³).

С ростом температуры плотность нефти и нефтепродуктов уменьшается. Плотность большинства нефти меньше единицы и колеблется в диапазоне от 0.8 до 0.9. На величину плотности нефти оказывает существенное влияние наличие в ней растворенных газов, количество смолистых веществ и фракционный состав. Для нефти и нефтепродуктов плотность является нормируемым показателем качества.

Удельный вес

Относительным удельным весом называется отношение веса нефтепродукта при температуре определения к весу дистиллированной воды при 4°С в том же объеме. В соответствии с ГОСТом в нашей стране принято определять плотность и удельный вес при температурах 15 и 20⁰ С.

Вязкость

Вязкость нефти и нефтепродуктов зависит от химического и фракционного состава. Различают динамическую и кинематическую вязкость.

Динамическая вязкость или внутреннее трение – это свойство реальных жидкостей оказывать сопротивление сдвигающим касательным усилиям. Это свойство проявляется при движении жидкостей.

Кинематическая вязкость - величина, равная отношению динамической вязкости к ее плотности при той же температуре. Кинематическая вязкость нефти различных месторождений изменяется в широких пределах (от 2 до 300 сст – сантистокс при 20⁰С). Однако средняя вязкость большинства нефти составляет величину от 40 до 60 сст.

Температуры вспышки, воспламенения и самовоспламенения

Температурой вспышки называется температура, при которой пары нефтепродукта, нагреваемого в определенных стандартных условиях, образуют с окружающим воздухом взрывчатую смесь и вспыхивают при поднесении к ней пламени. Температура вспышки зависит от фракционного состава нефтепродуктов. Чем ниже пределы перегонки нефтепродукта, тем ниже и температура вспышки. В среднем температура вспышки бензинов находится в пределах от -30 до -40°C , керосинов $30-60^{\circ}\text{C}$, дизельных топлив $30-90^{\circ}\text{C}$ и нефтяных масел $130-320^{\circ}\text{C}$.

Температурой воспламенения называется температура, при которой нагреваемый в определенных условиях нефтепродукт загорается при поднесении к нему пламени и горит не менее 5 секунд. Температура воспламенения всегда выше температуры вспышки. Чем тяжелее нефтепродукт, тем больше эта разница. При наличии в маслах летучих примесей эти температуры сближаются.

Температурой самовоспламенения называется температура, при которой нагретый нефтепродукт в контакте с воздухом воспламеняется самопроизвольно без внешнего пламени. Температура самовоспламенения нефтепродуктов зависит и от фракционного состава и от преобладания углеводородов того или иного класса. Чем ниже пределы кипения нефтяной фракции, тем она менее опасна с точки зрения самовоспламенения.

Температуры застывания, помутнения и начала кристаллизации.

Температура застывания характеризует возможную потерю текучести нефтепродукта в зоне низких температур. Чем больше содержание парафинов (твердых углеводородов), тем выше температура застывания нефтепродукта. Следует отметить, что потеря текучести может быть связана и с увеличением вязкости продукта с понижением температуры.

Температура помутнения указывает на склонность топлива поглощать при низких температурах влагу из воздуха. Это особенно опасно для авиационных топлив, поскольку образующиеся кристаллики льда могут засорять топливоподающую аппаратуру, что может привести к трагедии.

Температура начала кристаллизации карбюраторных и реактивных топлив не должна превышать -60°C . По этой причине в зимних сортах бензина нежелательно наличие высокого содержания ароматических углеводородов. При повышенном содержании бензола и некоторых других ароматических углеводородов эти высокоплавкие соединения могут выпадать из топлива в виде кристаллов, что приводит к засорению топливных фильтров и остановке двигателя.

1.2 Основы технологии экстракционного извлечения газов из жидкостей

Экстракцией называют процесс извлечения из какой-либо жидкости (раствора) или твердого тела веществ растворителем, избирательно растворяющим эти вещества. Поэтому такой процесс называют также селективной очисткой, а растворители называют избирательными (селективными). Основными достоинствами процесса экстракции, по сравнению другими, являются:

- низкая рабочая температура;
- большая скорость массообмена между двумя контактирующими фазами;
- высокая селективность экстрагентов, позволяющая разделить родственные, трудноразделимые элементы;
- легкость разделения двух фаз;
- возможность регенерации затрачиваемых реагентов;
- возможность полной механизации и автоматизации процесса.

Экстракция растворителями осуществляется обычно в режиме противотока (поток нефти идет в одном направлении, а растворителя – в противоположном), что позволяет проводить более выборочное растворение и более глубокую очистку. [1]

В зависимости от выбранного растворителя экстракция может протекать по следующим схемам:

А) без регенерации экстрагента исходный раствор (фаза. $\Phi_x + M$) и экстрагент (фаза Φ_y) подают в экстракционный аппарат - экстрактор, в котором происходит перенос вещества M из фазы Φ_x в фазу Φ_y . В результате получают экстракт (фаза $\Phi_y + M$) и рафинат (фаза Φ_x). Схема без регенерации экстрагента в технике встречается редко.

Б) с регенерацией экстрагента применяют чаще. По этой схеме проводят регенерацию экстрагента из экстракта и экстрагента из рафината, если экстрагент частично не растворим. Очищенный экстрагент вновь подают на экстракцию.

В) в сочетании с реэкстракцией. за экстракцией следует обратный процесс, который называют реэкстракцией. При этом органическую фазу обрабатывают растворами реагентов, которые обеспечивают достаточно полный переход целевого компонента в водный раствор или осадок и его концентрирование. Получаемый при этом продукт называют реэкстрактом.

Таким образом, процесс экстракции всегда связан с добавлением к разделяемому раствору экстрагента, что неизбежно приводит к загрязнению продуктов разделения и к необходимости последующей очистки и к удорожанию процесса. [1]

1.3 Основные схемы технологических процессов экстракционной очистки нефти

Схема процесса технологической очистки нефти от газа зависит от выбора экстракционного аппарата и выбора экстрагента.

Пример схемы для механического экстрактора. Схема состоит из насоса для подачи нефти, насоса для подачи экстрагента, экстракционной колонны, двигателя для экстрактора и резервуара для экстрагента.

Принцип работы.

Насос подает нефть в нижнюю часть экстракционной колонны, одновременно, насос подает экстрагент в верхнюю часть колонны. Двигатель приводит в движение вал с дисками, которые перемешивают жидкости. После этого легкая жидкость (нефть) уходит в верхнюю отстойную зону колонны, из которой отправляется либо в резервуар, либо на другую очистку. Экстрагент уходит в нижнюю отстойную зону колонны, из которой попадает в резервуар для хранения экстрагента. Периодически экстрагент в резервуаре меняют на новый.

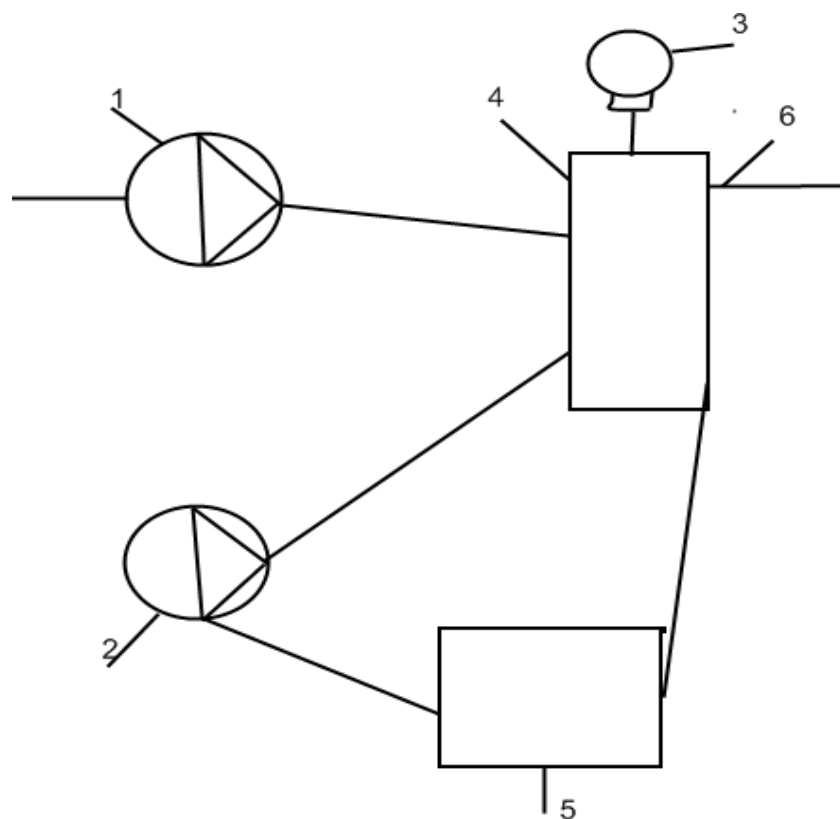


Рисунок 1 - Схема процесса экстракционной очистки:

1 – насос для подачи нефти; 2 – насос для подачи экстрагента; 3 – электродвигатель экстрактора; 4 – колонный экстрактор; 5 – резервуар для экстрагента; 6 – выход очищенной нефти.

1.4 Основные характеристики экстрагентов для очистки нефти

Для извлечения ароматических углеводородов из нефтяного сырья экстракцией в промышленном производстве используются растворители различных классов. Промышленный экстрагент должен обладать целым составом свойств, которые определяют экономическую целесообразность его использования. [2]

Селективность – способность экстрагента выборочно извлекать один или несколько целевых компонентов из раствора. Чем выше эта способность, тем лучше экстрагент.

Емкость экстрагента – способность экстрагента к растворимости избирательно извлекаемого компонента. Увеличение емкости позволяет снизить количество циркулирующего экстрагента.

Регенерируемость. Это свойство определяет условия отделения экстрагента от продуктов экстракции и имеет важное значение для экономического осуществления процесса экстракции в целом.

Плотность. Экстрагент должен осуществлять по возможности большую разность плотностей фаз. Благодаря этому увеличивается скорость расслаивания жидкостей и, соответственно, производительность экстракционного оборудования.

Реакционная способность и стабильность. Экстрагент должен обладать химической инертностью по отношению к компонентам раствора и быть стабильным в условиях осуществления процесса.

Стоимость. Невысокая стоимость и доступность также являются важными характеристиками промышленных экстрагентов.

Поскольку невозможно подобрать экстрагент, полностью удовлетворяющий всем предъявляемым к нему требованиям, приходится учитывать относительное значение различных факторов.

Обычно в качестве экстрагентов используют: хлорекс, фурфурол, нитробензол, фенолы, метилэтилкетоны.

1.5 Особенности конструкций аппаратов для проведения процесса экстракции

По принципу взаимодействия или способу контакта фаз экстракторы подразделяют на две группы: ступенчатые и дифференциально-контактные. Внутри этих групп экстракторы часто подразделяют на гравитационные (скорость фаз в них обусловлена разностью плотностей этих фаз) и механические (при добавлении потокам энергии извне путем механического перемешивания, действием центробежной силы, поршневым пульсатором и т.д.).

Практически в любом из аппаратов названных групп для увеличения поверхности контакта фаз одна из фаз различными способами диспергируется и распределяется в другой, сплошной фазе в виде капель. После каждого перемешивания фаз в аппаратах следует сепарация этих фаз, что необходимо прежде всего для регенерации экстрагента (под действием гравитационных или центробежных сил). Отметим также, что в промышленности обычно применяют непрерывно-действующие экстракторы. [10]

Ступенчатые экстракторы. Экстракторы этой группы состоят из дискретных ступеней, в каждой из которых происходит контакт фаз, после чего они разделяются и движутся противотоком в последующие ступени. На рисунке 2 представлена схема одноступенчатой (а) и многоступенчатой (б и в) установок одного из самых распространенных типов ступенчатых экстракторов – смесительно-отстойного.

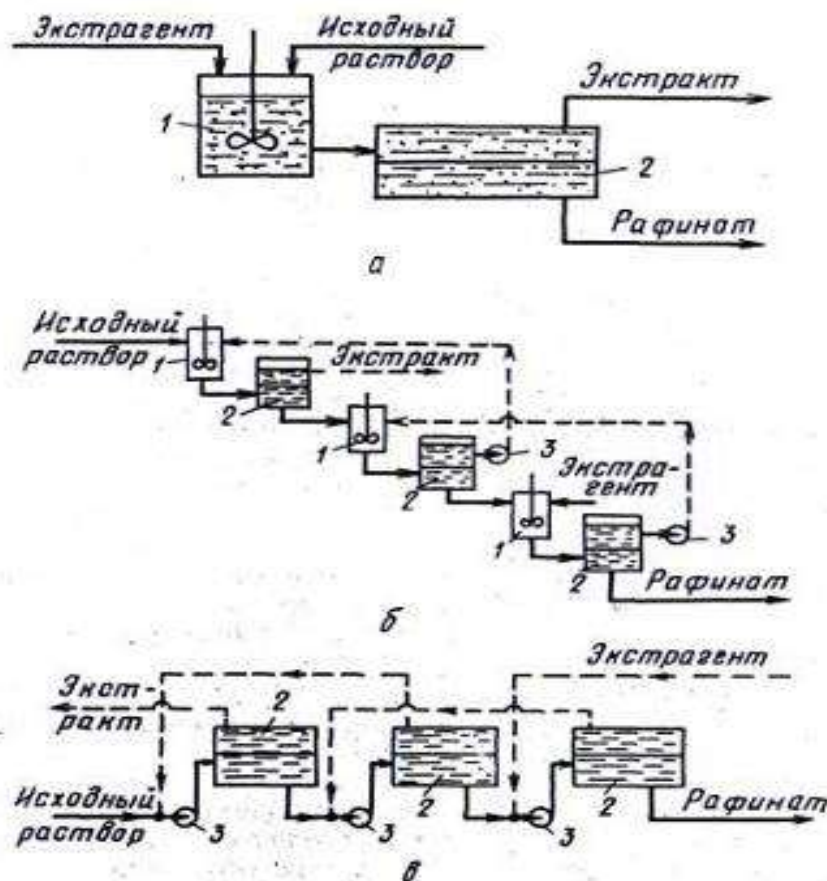


Рисунок 2 - Схемы одноступенчатой (а) и многоступенчатых (б, в) установок смесительно-отстойных экстракторов: 1 – смесители; 2 – отстойник; 3 – насосы.

К достоинствам смесительно-отстойных экстракторов относятся: высокая эффективность (эффективность каждой ступени может приближаться к одной теоретической ступени разделения), возможность быстрой смены числа ступеней, пригодность для работы в широких интервалах изменения физических свойств и объемного соотношения фаз, относительно легкое масштабирование и др.

Недостатками этих экстракторов являются большая занимаемая производственная площадь, наличие смесителей с индивидуальными приводами, большие объемы гравитационных отстойных камер. [3]

Дифференциально-контактные экстракторы. Экстракторы этой группы отличаются непрерывным контактом между фазами и плавным изменением концентрации по высоте аппарата. В таких экстракторах, в отличие от ступенчатых, равновесие между фазами по сечению аппарата не достигается. Дифференциально-контактные экстракторы компактнее ступенчатых и занимают меньшую производственную площадь.

В гравитационных экстракторах движение фаз происходит вследствие разности их плотностей. К гравитационным экстракторам относятся распылительные, насадочные и тарельчатые колонны.

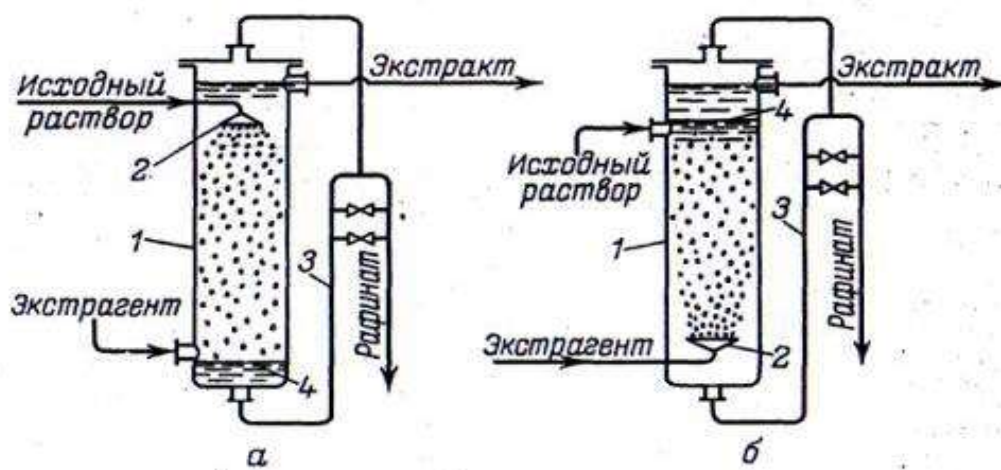


Рисунок 3 - Полые (распылительные) колонные экстракторы: а – с распылением тяжелой фазы; б – с распылением легкой фазы; 1 – экстракторы; 2 – разбрызгиватели; 3 – гидрозатворы; 4 – поверхности раздела фаз.

Наиболее простыми по устройству представителями гравитационных экстракторов являются распылительные колонны. Важным достоинством распылительных экстракторов является возможность обработки в них загрязненных жидкостей. Иногда эти аппараты применяют для экстрагирования из пульпы.

Достаточно широкое распространение в промышленности получили насадочные экстракторы (рисунок 4), которые по конструкции аналогичны насадочным абсорберам.

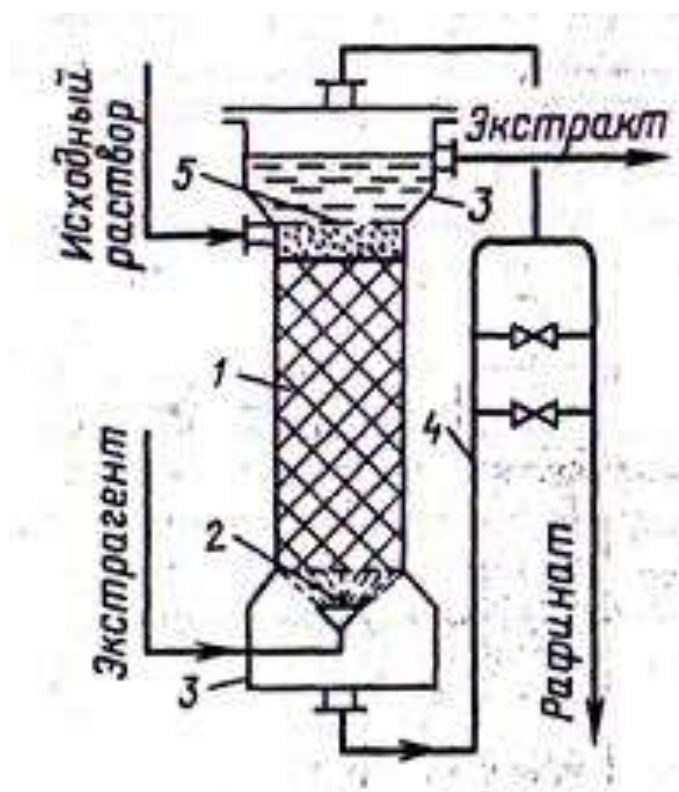


Рисунок 4 - Насадочный экстрактор: 1 – насадка; 2 – распределитель; 3 – отстойники; 4 – гидрозатвор; 5 – поверхность раздела фаз.

В качестве насадки 1 часто используют кольца Рашига, а также и насадки других типов. Насадку располагают на опорных решетках секциями, между которыми происходит перемешивание фаз. Одну из фаз диспергируют с помощью распределительного устройства 2 в потоке сплошной фазы (исходный раствор). В слое насадки капли могут многократно коалесцировать и затем дробиться, что повышает эффективность процесса. Очень важным является выбор материала насадки. Она должна предпочтительно смачиваться сплошной фазой, поскольку при этом устраняется возможность нежелательной коалесценции капель и образования на поверхности насадки пленки, что приводит к резкому снижению поверхности контакта фаз. Отметим, что керамическая и фарфоровая насадки лучше смачиваются

водной фазой, чем органической, а пластмассовая насадка обычно лучше смачивается органической фазой. Разделение фаз в насадочных колоннах происходит в отстойных зонах 3, часто имеющих больший диаметр, чем диаметр экстрактора, для лучшей сепарации фаз.

К механическим экстракторам относятся дифференциально-контактные экстракторы с подводом внешней энергии в контактирующие фазы.

Одним из распространенных в технике механических экстракторов является роторно-дисковый экстрактор. Роторные экстракторы различаются в основном конструкцией перемешивающих устройств. Так, вместо гладких дисков применяют различного вида мешалки, иногда секции заполняют насадкой и т.п. К основным достоинствам роторных экстракторов относятся высокая эффективность массопереноса, малая чувствительность к твердым примесям в фазах, возможность создания аппаратов большой единичной мощности и др.

Вместе с тем роторным экстракторам присущ серьезный недостаток – так называемый масштабный эффект, т.е. существенное увеличение ВЕП с увеличением диаметра аппарата. Причина этого явления заключается в неравномерности поля скоростей по высоте и поперечному сечению аппарата, в образовании застойных зон, способствующих усилению продольного перемешивания и нарушению равномерной структуры потоков в аппарате.

Эффективность процесса массопереноса при экстракции можно повысить за счет пульсации фаз. В пульсационных экстракторах применяют два основных способа сообщения пульсаций жидкостям. По первому способу пульсации в колонном экстракторе генерируются наружным механизмом (пульсатором) гидравлически, по второму – посредством вибрации перфорированных тарелок, укрепленных на общем штоке, которому сообщается возвратно-поступательное движение. [3]

Применение пульсаций в процессе экстракции способствует лучшему диспергированию жидкости, интенсивному обновлению поверхности контакта фаз, увеличению времени пребывания диспергируемой жидкости в

экстракторе. Наибольшее распространение в технике получили ситчатые тарельчатые и насадочные пульсационные экстракторы.

Пульсационный экстрактор (рисунок 5.) представляет собой колонну с ситчатыми тарелками без патрубков для перетока сплошной фазы. В колонне при помощи специального механизма (пульсатора) жидкости сообщаются пульсации – колебания небольшой амплитуды (10–25 мм) и определенной частоты. В качестве пульсатора чаще всего используют бесклапанный поршневой насос, присоединяемый к днищу колонны (рисунок 5, а) или к линии подачи легкой жидкости (рисунок 5, б). При сообщении жидкости пульсаций происходит многократное тонкое диспергирование одной из фаз, что обуславливает интенсивную массопередачу. Помимо ситчатых экстракторов, применяются также насадочные пульсационные колонны.

Эффективный способ интенсификации процесса экстракции путем сообщения жидкости пульсаций может быть использован также в экстракционных аппаратах других типов.

Для надежного отделения механизма пульсатора от рабочей среды при обработке химически агрессивных и радиоактивных веществ применяют мембрану (рисунок 5,в), сильфон (рисунок 5, г) или пневматическое устройство (рисунок 5, д). В последнем случае между поршнем пульсатора и колонной помещают буферный слой воздуха, который попеременно расширяется и сжимается, сообщая колебания жидкости в колонне.

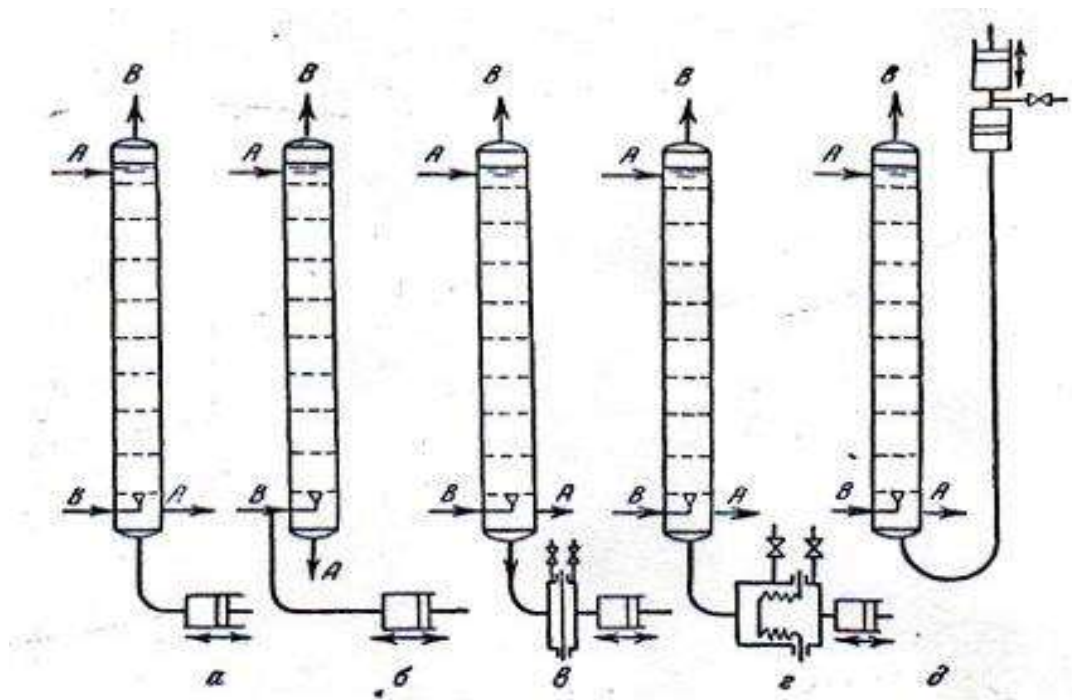


Рисунок 5 - Пульсационные ситчатые экстракторы (А – тяжелая фаза, В – легкая фаза): а – пульсатор присоединен к днищу колонны; б – пульсатор присоединен к трубопроводу для подачи легкой жидкости; в – пульсации передаются через мембрану; г – пульсации передаются через сиффон; д – пульсации передаются через буферный слой воздуха (воздушную подушку).

Пульсационные экстракторы высокоэффективны, позволяют проводить экстракцию без контакта обслуживающего персонала с обрабатываемыми жидкостями, что очень важно, если жидкости радиоактивны или токсичны.

В мировой практике применяются ситчатые пульсационные колонны диаметром до 3 м и насадочные диаметром до 2 м.

К недостаткам пульсационных колонн относятся большие динамические нагрузки на фундамент, повышенные эксплуатационные расходы, трудность обработки легкоэмульгируемых систем. [3]

1.6 Факторы, влияющие на эффективность работы аппаратов для экстракционной очистки нефти

Конструктивные особенности и значения параметров процесса экстракции влияют на эффективность работы аппаратов для экстракционной очистки.

1. Количество ступеней экстракционных аппаратов определяется в зависимости от значения требуемых теоретических ступеней экстракции. Если эта величина менее 3, то на практике можно использовать практически любой тип аппарата. Когда число ступеней более 20 наиболее целесообразно применять аппараты типа смеситель-отстойник, при 10—20 ступенях — колонные аппараты, однако при расчетах необходимо учитывать предельную высоту, которую может иметь данный тип колонны. [3]

2. Производительность. При низких и средних нагрузках наиболее целесообразно использовать распылительную и насадочную колонны, для умеренных и высоких — роторно-дисковый экстрактор, пульсационную тарельчатую колонну или смеситель-отстойник. Наиболее высокие удельные производительности имеют пульсационные тарельчатые колонны и центробежные экстракторы.

3. Время пребывания экстрагента. Для процессов, требующих малого времени пребывания экстрагента, наиболее целесообразно использовать центробежный экстрактор, где разделение фаз происходит под действием центробежной силы. Смесительно-отстойные экстракторы с гравитационным расслаиванием фаз при большом числе ступеней применяются для длительных процессов. Для таких аппаратов расслоение и разделение фаз зависит от скорости распределения дисперсной фазы и будет происходить после каждой смесительной ступени. В дифференциально-контактных экстракторах расслоение и разделение фаз происходит только на концах

аппарата, поэтому время пребывания фаз зависит от средней скорости подъема или падения капель и не зависит от времени коалесценции. [6]

4. Отношение потоков фаз влияет на размеры аппарата, причем при снижении скорости движения потоков дисперсной и сплошной фаз объем экстрактора будет уменьшаться.

5. Физико-химические свойства фаз влияют на размеры капель. Например, при большом отношении межфазного натяжения и разности плотностей фаз образуются крупные капли, что приводит к уменьшению поверхности раздела фаз и ухудшению массопередачи. Для таких систем (для очень вязких жидкостей) рекомендуется использовать экстрактор с механическим перемешиванием с высокой интенсивностью перемешивания фаз, что дает возможность обеспечить требуемую эффективность и производительность.

6. Направление массопередачи играет особую роль в системах вода — растворитель, так как размер капли увеличивается при массопередаче из растворителя в водную фазу. Поэтому для таких систем наиболее целесообразно использовать экстракторы с механическим перемешиванием фаз при интенсивном перемешивании. В целом влияние направления массопереноса необходимо определять в лабораторном эксперименте.

7. Диспергирование и задержка дисперсной фазы. Для обеспечения наибольшей величины межфазной поверхности и высокой скорости массопередачи необходимо диспергировать ту фазу, производительность по которой максимальна. При диспергировании водной фазы в колонных экстракторах вследствие смачивания материалов насадки водной фазой может ухудшиться процесс диспергирования. В этом случае рекомендуется применять в качестве насадок гидрофобные материалы, устойчивые к воздействию экстракционных фаз. При загрязнении органической фазы примесями на поверхности раздела фаз в колонном экстракторе диспергирование должно быть таким, чтобы граница раздела находилась над рафинатом в конце колонны. Если используются нестабильные растворенные

вещества или растворители очень дороги, то необходимо обеспечить малую задержку фаз, для чего применяются центробежные экстракторы с минимальным временем контакта и рабочим объемом. [9]

8. Скорость реакций. При осуществлении медленной реакции на поверхности раздела фаз или в объеме одной из фаз следует использовать смесители-отстойники с рециркуляцией внутри каждой ступени для увеличения времени контакта фаз.

9. Присутствие твердых веществ. В этом случае необходимо применять экстракторы, имеющие приспособления для удаления твердых осадков, например пульсационную тарельчатую колонну, экстрактор Лувеста и др. 10. Оценка общей эффективности работы экстрактора. Такая оценка проводится, например, при выборе размеров колонны и условий ведения процесса, для чего используется параметр, представляющий собой модифицированный коэффициент массопередачи, — высота единицы переноса (ВЕР);

ВЕР является мерой эффективности переноса растворенного вещества и производительности на единицу объема колонны. Для ступенчатых экстракторов в качестве такого параметра можно использовать отношение суммы объемных скоростей фазовых потоков при захлебывании к общему объему одной ступени. Этот параметр можно использовать для различных экстракторов при их сравнении. С увеличением значения этого параметра для идентичных питающих потоков конструкция экстрактора будет более эффективной. [9]

1.7 Заключение к литературному обзору

Основным достоинством процесса экстракции является низкая рабочая температура процесса, который проводится наиболее часто при нормальной (комнатной) температуре. При этом отпадает необходимость в затратах тепла на испарение раствора. Вместе с тем применение дополнительного

компонента – экстрагента и необходимость его регенерации приводит к некоторому усложнению аппаратного оформления и удорожанию процесса экстракции.

При извлечении летучих веществ экстракция может успешно конкурировать с ректификацией в тех случаях, когда разделение ректификацией либо затруднено, а иногда и практически невозможно (разделение смесей, состоящих из близкокипящих компонентов и азеотропных смесей), либо сопряжено с чрезмерно высокими затратами (извлечение вредных примесей или ценных веществ из сильно разбавленных растворов).

Экстракция незаменима для разделения смесей веществ, чувствительных к повышенным температурам, например антибиотиков, которые могут разлагаться при разделении их ректификацией или выпариванием. Применение экстракции часто позволяет эффективно заменять такие процессы, как разделение высококипящих веществ с использованием глубокого вакуума, например молекулярной дистилляцией, или разделение смесей методом фракционированной кристаллизации.

В связи с вышесказанным, необходимо разработать устройство для отделения газа от нефти методом экстракции производительностью 10 т/ч по сырью, обеспечивающее степень очистки не ниже 99.9%.

2 Конструкторско-технологический раздел

2.1 Разработка технологической схемы установки для извлечения растворённых газов из нефти методом экстракции

Для извлечения растворенных газов из нефти методом экстракции был выбран роторно-дисковой экстрактор. В этом экстракторе внутри корпуса на равном расстоянии друг от друга укреплены неподвижно кольцевые перегородки. По оси колонны проходит вертикально вал с горизонтальными плоскими дисками, или ротор, приводимы во вращение посредством привода. Диски ротора размещены симметрично относительно перегородок, причем каждые две соседние кольцевые перегородки и диск между ними образуют секцию колонны. Чередующиеся кольца и диски мешают продольному перемешиванию. К смесительной зоне колонны примыкают верхняя и нижняя отстойные зоны.

Нефть наливается с помощью распределителя и затем многократно дробится посредством дисков ротора в секциях колонны. После перемешивания нефть и экстрагент частично разделяются вследствие разности плотностей при обтекании ими кольцевых перегородок, ограничивающих секции колонны. При этом легкая фаза поднимается кверху, а тяжелая фаза опускается вниз и захватывается соответствующими дисками ротора для последующего перемешивания.

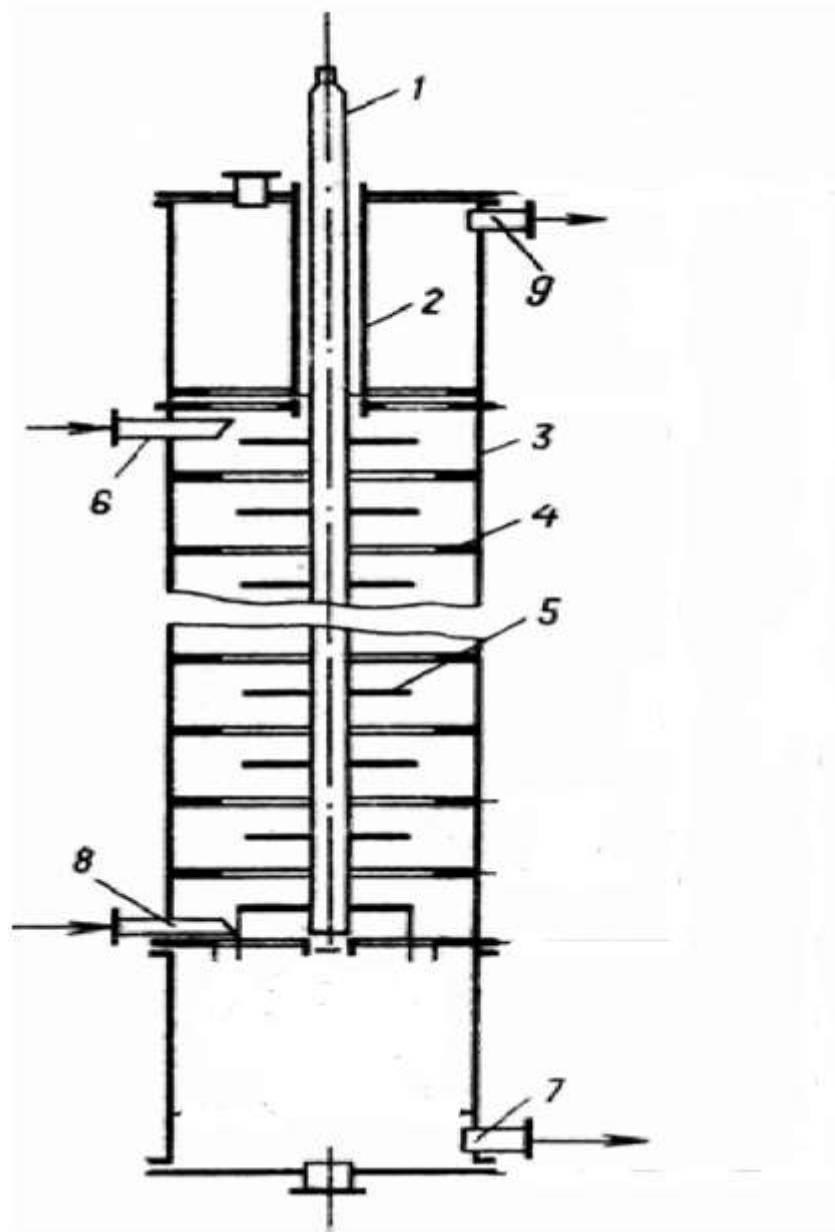


Рисунок 6 - Роторно-дисковой экстрактор:

1 – вал; 2 – успокоительная втулка; 3 – обечайка; 4 – кольцо;
5 – диск; 6, 7 – вход и выход тяжелой фазы; 8, 9 – вход и выход легкой фазы

2.2 Расчёт основных параметров аппарата для экстракции газов и нефти

Алгоритм расчёта приведён в Приложении Б.

В ходе расчётов получены следующие результаты:

- высота рабочей зоны 6м;
- высота отстойных зон 1,2м;
- расстояние между дисками 0,333м;
- диаметр колонны 1м;
- диаметр дисков 0,667м;
- диаметр статорных колец 0,75м.

2.3 Выбор вспомогательного оборудования

2.3.1 Привод перемешивающего устройства

Энергетические затраты на перемешивание. Для вращающегося диска критерий мощности при достаточно больших значениях критерия Рейнольдса ($Re_M > 10^5$) равен примерно $K_N = 0,03$. В данном случае

$$Re_M = \frac{\rho_c n D_p^2}{\mu_c} = 900 \cdot 0,3 \cdot \frac{0,667^2}{0,0025} = 48048 \quad (1)$$

Средняя плотность перемешиваемой среды:

$$p = \Phi p_d + (1 - \Phi) p_c = 0,169 \cdot 754 + (1 - 0,169) \cdot 900 = 875,326. \quad (2)$$

Следовательно, затраты энергии на перемешивание одним диском составляют

$$N = K_N p n^3 D_p^5 = 0,03 \cdot 875,326 \cdot 0,3^3 \cdot 0,667^5 = 0,1. \quad (3)$$

Таким образом, затраты мощности на перемешивание очень невелики и для всех дисков составляют около 2 Вт.

Исходя из этого выбираем двигатель Maxon motor EC 20 flat 350778 мощностью 2 Вт, с регулируемой частотой вращения.



Рисунок 7 – двигатель Maxon motor EC 20 flat 350778

2.3.2 Насос для подачи сырья

Требуемая производительность закачки нефти $9 \text{ м}^3/\text{ч}$ при температуре 20°C , с плотностью нефти равной $900 \text{ кг}/\text{м}^3$. Выбираем насос ЦНСН 105-196 предназначенный для перекачивания обводненной газонасыщенной и товарной нефти с плотностью $700\text{-}1050 \text{ кг}/\text{м}^3$, с температурой от $+1$ до $+45^\circ\text{C}$, с максимальной подачей $55 \text{ м}^3/\text{ч}$.

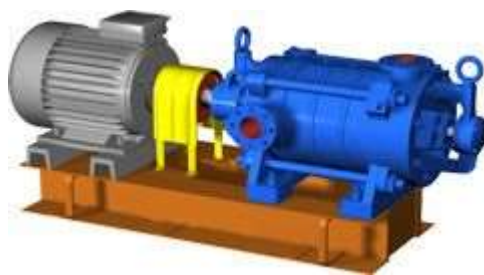


Рисунок 8 - Насос ЦНСН 105-196

2.3.3 Насос для подачи реагента

Требуемая производительность закачки реагента $0,09 \text{ м}^3/\text{ч}$ при температуре 20°C , с плотностью реагента равной $1046 \text{ кг}/\text{м}^3$. Выбираем мембранный дозировочный насос Milton Roy серии MROY предназначенный для точного дозирования экстрагента, применяемый в нефтеперерабатывающей промышленности, обработки газа, водоподготовки, химической промышленности. Максимальная подача $0,3 \text{ м}^3/\text{ч}$, максимальная плотность экстрагента $2000 \text{ кг}/\text{м}^3$



Рисунок 9 - Мембранный дозировочный насос Milton Roy серии MROY

2.3.4 Расходомер

Для закачки и контроля закачки в экстрактор нефти расходом $9 \text{ м}^3/\text{ч}$ используем расходомер ТОР-1, диапазон измерения колеблется от 3 до $30 \text{ м}^3/\text{ч}$. Паспортная погрешность измерения при расходе от 3 до $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ — $\pm 5 \%$, от 5 до $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ — $\pm 2.5 \%$



Рисунок 10 - Расходомер ТОР-1

3 Эксплуатация и ремонт

3.1 Разработка методики защиты оборудования от коррозии

Стальные корпуса экстракторов футеруют по слою резины или полиизобутилена кислотоупорным кирпичом или графитовыми блоками. В процессе работы поверхность футеровки покрывается тонким слоем осадка гипса, который защищает ее от истирания. Валы и лопасти мешалок изготавливают из сталей.

3.2 Мероприятия по безопасной эксплуатации экстрактора

Вопрос безопасности и надежности экстракционных установок может быть разделен на две части: механическая надежность и технологическая надежность. Особое внимание следует уделить безотказной работе экстрактора, наполненного экстрагентом. Экстракторы всех типов требуют постоянной проверки. Нужно следить за соответствием размеров рабочего механизма, особенно внутри экстрактора, и в случае необходимости делать подгонку. Производить своевременную замену изношенных частей. Частота проверок экстрактора определяется от его типа конструкции и характеристик. Обычно экстракторы инспектируют два раза в год.

Основной технологической проблемой экстракторов является плохая перколяция. Вероятность повышения давления отвода растворителя и перегрузки всей системы возникает из-за недостаточного дренажа растворителя. В настоящее время на экстракционных установках устанавливают датчики контроля и аварийные выключатели при критическом давлении. [9]

Требования к обеспечению взрывобезопасности экстракционных установок

1. Для каждого взрывопожароопасного участка производства экстракционного процесса предусматриваются меры по максимальному снижению уровня взрывоопасности технологических блоков, входящих в него, предотвращению взрывов и возгораний внутри экстракционной колонны, в производственных помещениях и наружных установках, по предотвращению или ограничению выбросов горючих веществ в сточные воды при аварийной разгерметизации оборудования, по снижению тяжести последствий возможных аварий.

2. При создании и эксплуатации экстракционных установок, для предотвращения систематических и случайных причин, нарушающих стабильную работу установки, создаются и поддерживаются условия устойчивой работы, в том числе:

- постоянное обеспечение электроэнергией, экстрагентом, водой, сжатым воздухом,;

- своевременное обеспечение нужного запаса сырья, материалов, а также контроль их качества в соответствии с действующей нормативной документацией;

3. Технологическое оборудование, содержащее и образующие взрывоопасные смеси, оснащено системой подачи флегматизатора (азота).

4. На экстракционные установки устанавливаются автоматические датчики контроля взрывоопасных параметров, с оповещением при достижении предельных значений и возможностью блокировок системы, для предотвращения экстренных ситуаций.

5. Для защиты окружающей среды, в случае разгерметизации установки, устанавливаются различные устройства с дистанционным управлением, помогающие снизить выбросы в окружающую среду. Например:

- для технологических блоков I категории взрывоопасности - установка

автоматических быстродействующих запорных и (или) отсекающих устройств со временем срабатывания не более 12 с;

- для технологических блоков II и III категорий взрывоопасности - установка запорных и (или) отсекающих устройств с дистанционным управлением и временем срабатывания не более 120 с;

- для технологических блоков со значением относительного энергетического потенциала $Q_v < 10$ допускается установка запорных устройств с ручным приводом, при этом предусматривается минимальное время приведения их в действие за счет рационального размещения (максимально допустимого приближения к рабочему месту оператора), но не более 300 с.

6. В закрытых помещениях экстракции, отгонки растворителя из дистилляции и на насосах для перекачки экстрагента устанавливаются газосигнализаторы, сигнализирующие о повышении концентрации горючих газов 10% уровня от нижнего концентрационного предела распространения пламени.

Специфические требования безопасности к технологическим стадиям процесса экстракции

1. Для предотвращения утечки паров растворителя из экстракционной установки в другие помещения доставка экстрагента осуществляется так, чтобы часть подачи располагалась снаружи здания.

2. Для новых корпусов экстракционную установку необходимо расположить в отдельном стоящем здании.

3. Обычно, перед началом процесса экстракции, исходный раствор очищается от твердых примесей.

4. В целях недопущения распространения аварийной ситуации из тостера в экстрактор между ними устанавливается шлюзовый затвор или осуществляются другие технические решения.

5. Для защиты от выхода из строя и заклинивании валов, приводы экстракторов оснащают датчиками и системами защиты от попадания

случайных предметов и превышении допустимой нагрузки.

6. Для предотвращения разлива токсичного экстрагента из экстракционной установки участков перекрытий под этим оборудованием производятся цельными в виде поддонов, с ограждающим бортом высотой не менее 0,15 м с возможностью отвода пролитого экстрагента в специальную.

7. При остановках экстракционной установки запрещается:

- выключать ручную вентиляцию цеха;

- прекращать циркуляцию охлаждающей воды, рассола или абсорбента в технологических аппаратах. [9]

3.3 Мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту установки

Требования к технологическому оборудованию

Общие требования

1. Сроки службы для отдельных технических устройств, используемых в экстракционных установках, определяются с учетом конкретных эксплуатационных условиях. Данные о сроке службы указываются в эксплуатационной документации.

2. Комплект документов эксплуатация создается на каждый вид экстракционного оборудования, номенклатура которых приведена в государственных стандартах.

3. Применяемое оборудование должно соответствовать требованиям промышленной безопасности и охраны труда, государственным стандартам, а его установка должна обеспечивать удобный доступ ко всем обслуживаемым и съемным агрегатам, узлам, блокам и аппаратуре для проведения пусконаладочных, эксплуатационных, ремонтных работ и технического обслуживания.

4. Для коллективной защиты рабочих от вибрации и шума

разрабатываются мероприятия согласно нормативным документам по проектированию. [9]

Допустимые уровни вибрации и шума на рабочих местах, методы и средства контроля этих величин должны соответствовать требованиям санитарных норм.

Размещение и монтаж оборудования

1. Оборудование, размещенное в производственных помещениях и на открытом пространстве, должно быть удобно и безопасно при обслуживании, ремонте и принятие оперативных мер по предотвращению аварийных ситуаций или локализации аварий.

2. Не допускается размещение технологического оборудования взрывопожароопасных производств:

- над и под вспомогательными помещениями;
- под эстакадами технологических трубопроводов с экстрагентом.

При проектировании должно быть предусмотрено необходимое пространство для выемки вала при ремонтах шнековых экстракторов, сушилок, чанных испарителей и др.

3. Для обслуживания оборудования, требующего нахождения или перемещения работающих выше уровня пола, должны быть предусмотрены стационарные площадки и лестницы к ним.

Системы противоаварийной автоматической защиты

Экстракторы оборудуются средствами контроля, сигнализации уровня экстрагируемого материала в загрузочном устройстве и разгрузочном бункере (для карусельных экстракторов) и блокировками, обеспечивающими:

- остановку экстрактора при понижении уровня экстрагируемого вещества в загрузочном блоке экстрактора до отметки минимально допустимого;
- остановку конвейера, подающего вещество в экстрактор при повышении уровня вещества в загрузочном блоке до отметки максимально допустимого;

- остановку разгрузочного винтового конвейера при снижении уровня шрота в разгрузочном бункере карусельных экстракторов до отметки минимально допустимого;

- остановку экстрактора при повышении уровня шрота в разгрузочном бункере до отметки максимально допустимого.

Минимальные и максимальные разрешенные уровни экстрагируемого вещества в зависимости от типа экстрактора, вида экстрагируемого вещества и определенных условий задаются проектом и регламентом. [9]

Системы связи и оповещения

1. Взрывопожароопасные технологические установки отчистки экстракцией, а также относящиеся к ним технологические объекты (прессовый цех, подготовительное отделение, элеватор шрота, бензохранилище и др.) должны снабжаться системами двухсторонней громкоговорящей и телефонной или радиосвязью; в необходимых случаях - сигнализацией о работе связанного между собой технологического оборудования.

Вид связи и структура определяются разработчиком проекта в зависимости от особенностей экстракционной установки, архитектурно-планировочных решений и других факторов.

2. Организация и порядок оповещения производственного персонала и гражданского населения об аварийной ситуации, обязанности по поддержанию в состоянии готовности технических средств и соответствующих служб и ликвидации угрозы аварии определяются планами локализации аварийных ситуаций.

Электрооборудование и электрообеспечение во взрывоопасных и пожароопасных зонах

1. Электрообеспечение, устройство, монтаж, обслуживание электроустановок должны соответствовать требованиям нормативно-технических документов.

2. Обеспечение электроэнергией электроприемников экстракционной установки для блоков II, III категорий взрывопожароопасности предусматривается не ниже 2 категории надежности, а электроприемников систем оборотного водоснабжения, аварийной вентиляции, аварийного освещения, обеспечения КИПиА сжатым воздухом, автоматической пожарной сигнализации и системы пожаротушения - не ниже 1 категории.

Отопление и вентиляция

1. Системы вентиляции и отопления создаются в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

2. Отопительно-вентиляционные системы должны обеспечивать в рабочей зоне производственных помещений метеорологические параметры и содержание вредных веществ в пределах норм, установленных государственными стандартами.

3. Каждая вентиляционная система обеспечивается: санитарно-техническим паспортом, журналом эксплуатации и ремонта, инструкцией по эксплуатации, графиком ремонта и чистки. Содержание, форма и порядок реализации условий перечисленных документов определяются в установленном порядке.

Водоснабжение и канализация

1. Водоснабжение экстракционного производства должно соответствовать условиям нормативно-технических документов.

2. Система оборотного водоснабжения экстракционной установки предусматривается автономной.

Объемно-планировочные решения

1. Объемно-планировочные и конструктивные решения производственных помещений и зданий должны соответствовать требованиям строительных норм и правил.

2. Помещения экстракционного производства категорий А и Б должны оснащаться наружными ограждающими конструкциями, легко сбрасываемые при воздействии взрывной волны. Площадь и тип легко сбрасываемых

конструкций определяется в проекте.

3. В здании экстракционной установки площадки для обслуживания технологического оборудования и межэтажные перекрытия проектируют таким образом, чтобы исключить возможность образования непроветриваемых пространств, а для вновь строящихся и реконструируемых цехов они выполняются преимущественно решетчатыми. [9]

Заключение

При добычи нефть содержит в себе попутный газ. Газ необходимо отделять для того, чтобы, во-первых, нефть соответствовала необходимым стандартам и, во-вторых, для предотвращения износа и поломок нефтеперерабатывающего и нефтеперекачивающего оборудования.

В данной работе был рассмотрен метод экстракции, который используется для отделения газа от нефти.

При анализе данного метода были выявлены следующие преимущества:

- 1) метод экстракция позволяет проводить отделение нефти от газа при нормальной температуре, уменьшаются затраты на подогрев нефти;
- 2) при экстракции возможно разделение смесей, состоящих из близкипящих компонентов, при подборе нужного экстрагента;
- 3) легкость аппаратного исполнения;
- 4) возможность создания непрерывного процесса и автоматизации.

Изучены характеристика нефти, принцип экстракции, характеристики экстрагентов, схемы процесса экстракции.

Рассмотрено современное экстракционное оборудование и характеристики, влияющие на его работу. Из оборудования для поставленной в работе задачи (разработка устройства для отделения газа от нефти методом экстракции производительностью 10 т/ч по сырью, обеспечивающего степень очистки не ниже 99.9%) был выбран роторно-дисковой экстрактор, т.к. он обеспечивает наибольшее перемешивание фаз, в результате чего газ почти полностью растворяется, что повышает качество нефти.

Были произведены расчеты основных параметров экстрактора:

- высота рабочей зоны 6м;
- высота отстойных зон 1,2м;
- расстояние между дисками 0,333м;
- диаметр колонны 1м;
- диаметр дисков 0,667м;

– диаметр статорных колец 0,75м.

Подобрано вспомогательное оборудование: электродвигатель, насос для подачи нефти, насос для подачи экстрагента, расходомер.

Разработаны требования по безопасности и техническому обслуживанию технологической установки экстракции, которые включают механическую надежность и технологическую надежность оборудования.

Список использованных источников

1. Ягодин Г.А., Каган С.З. Основы жидкостной экстракции. – М.: Химия, 1981 г. – 400 стр.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973 г. – 750 стр.
3. Айнштейн В.Г. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. – М.: Химия, 2002 г. – 1758 стр.
4. Попов Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение. Справочник. Л. : Машиностроение, 1986.
5. Шкляр Ю.В., Островская Э.Н.: Проектирование химических аппаратов с механическими перемешивающими устройствами: Учебно-справочное пособие по курсовому проектированию; Казан. Гос. Технол. Ун-т. Казань, 1998.
6. Плановский А.Н., Рамм В.М. Процессы и аппараты химической технологии. – М., изд-во Химия, 1966 г. – 848 стр.
7. Кафаров В.В. Справочник по растворимости. – М.: Химия, 1981 г. – 400с.
8. Акулышин А.И. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин М.: Недра, 1989.
9. Чернобольский И.И. Машины и аппараты химического производства. – М.: Машиностроение, 1975.
10. Берестовой А.М., Белоглазов И.Н. Жидкостные экстракторы – Л.: Химия, 1982.
11. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – Л.: Химия, 1987. – 575 с.
12. Каган С.З., Аэров М.Э., Волкова Т.С., Труханов В.Г. // ЖПХ. Т. 37 – № 1. – 1964.

13. Романков П. Г., Фролов В. Ф. Массообменные процессы химической технологии. – М.: Высшая школа, 1990. – 129 с.
14. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / под ред. Ю.М. Дытнерского. – 2-е изд. – М.: Химия, 1992.
15. Кобе К.А. «Новейшие достижения нефтехимии и нефтепереработки Том 1», с. 234.
16. Роддатис К.Ф. Котельные установки, 176 с.
17. Черножуков Н.И. Технология переработки нефти и газа Часть 3, 115 с.
18. Денисов В.В. Безопасность жизнедеятельности, 1995 г., 334с.
19. Аранович Б.И. Электромагнитные устройства автоматики, 438с.
20. Саркисянц Г.А. Переработка и использование газа, 210с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ЭКСТРАКТОРЫ

Отчёт о патентных исследованиях

Общие данные об объекте исследования

Объектом исследования является устройство для экстракции нефти от газа. Область применения устройства – нефтяные промышленные предприятия.

Поиск российских патентов проводился по базе данных Федерального института промышленной собственности (www.fips.ru) с использованием ключевых слов: экстрактор, экстракционная колонна.

Введение

Экстрактор – устройства, предназначенные для отделения вещества из вещества с помощью экстрагента, как правило, представляют собой колонну в которую подаются рафинат и экстрагент, и под действием гравитационных или механических сил происходит их смешивание, с последующим разделением.

Технический уровень и тенденции развития объекта исследования

1) Патент №2325210. Изобретение относится к аппаратам колонного типа для взаимодействия несмешивающихся жидкостей разной плотности в процессах разделения и очистки продуктов методом жидкостной экстракции.

Задачей предлагаемого изобретения является создание такой конструкции экстракционной колонны, которая позволила бы при повышении эффективности очистки легкой фазы от тяжелой (т.е. в конечном итоге повышение качества продукта) и тяжелой фазы от легкой (т.е. снижение потерь экстрагента) оптимизировать конструктивные размеры колонны и тем самым снизить металлоемкость,

Поставленная задача решена в предложенной конструкции экстракционной колонны, включающей насадочную часть, верхнюю отстойную камеру со сливным карманом, нижнюю отстойную камеру, впускные трубопроводы для ввода тяжелой фазы в насадочную часть сверху и легкой фазы снизу, выпускные трубопроводы для вывода легкой фазы из верхней отстойной камеры и тяжелой фазы из нижней, пульсационную камеру, соединенную с нижней отстойной камерой, тем, что отстойные

камеры имеют разные диаметры. Диаметр нижней камеры относится к диаметру насадочной части как (1,3-1,7):1, а диаметр верхней камеры относится к диаметру насадочной части как (1,1-1,2):1. Кроме того, в предложенной конструкции слив легкой фазы в карман выполнен по кольцевому переливу. При этом карман имеет глубину, равную высоте верхней отстойной камеры. Ширина кольцевого сечения кармана составляет 100-500 мм.

Схема экстракционного колонного аппарата предлагаемой конструкции приведена на рисунке 1. Колонный аппарат имеет насадочную часть 1, верхнюю 2 и нижнюю 3 отстойные камеры, пульсационную камеру 4, сливной карман 5, впускные трубопроводы для ввода тяжелой 6 и легкой 7 фаз, выпускные трубопроводы для вывода тяжелой 8 и легкой 9 фаз.

Колонна работает следующим образом: тяжелая фаза (например, вода) подается в насадочную часть 1 сверху по впускному трубопроводу 6. Снизу в нее через впускной трубопровод 7 подается легкая фаза (например, экстракт). Противоточный контакт фаз происходит при заданном объемном соотношении потоков (О:В более 10) в насадочной части 1 под воздействием пульсаций, генерируемых пневматическим пульсатором и передаваемых жидкостям через пульс-камеру 4. Тяжелая фаза дробится (диспергируется) на капли, которые, опускаясь по насадочной части колонны, попадают в нижнюю отстойную камеру 3, где происходит их коалесценция, после чего тяжелая фаза выводится по трубопроводу 8. Для обеспечения высокой степени разделения эмульсии «вода в масле» необходимо снижение скорости потока дисперсной фазы в отстойной камере, что достигается увеличением ее диаметра в 1,3-1,7 в сравнении с диаметром насадочной части, т.к. скорость расслаивания в 1,7-3,4 раза меньше рабочей нагрузки в зоне массообмена. Меньшая величина диаметра соответствует более высоким объемным соотношениям О:В (например, более 30), а большая - менее высоким (например, от 10 до 30).

При движении экстракта по насадочной части 1 колонны снизу вверх он контактирует с дисперсной фазой (водой), освобождается от части примесей, переходит в верхнюю отстойную камеру 2 и заполняет ее. Из верхней камеры экстракт самотеком сливается по кольцевому переливу в карман 5. При описываемом режиме работы колонного аппарата нет необходимости в увеличении диаметра верхней отстойной камеры в сравнении с диаметром насадочной части, т.к. органическая фаза по мере своего движения по насадочной части и верхней отстойной камере освобождается от дисперсной фазы. Заявленные размеры диаметра верхней камеры, равные 1,1-1,2 диаметра насадочной части, обусловлены конструктивными элементами, обеспечивающими возможность крепления насадки, проведения ремонта и обслуживания насадочной части без разборки всего аппарата. Слив экстракта в карман по кольцевому переливу обеспечивает равномерный поток со всей поверхности и исключает застойные зоны. Сливной карман 5 выполнен на всю высоту верхней отстойной камеры, а ширина кольцевого сечения кармана составляет 100-500 мм. Заявленная конструкция и размеры сливного кармана позволяют использовать его в качестве промежуточной емкости для передачи экстракта по трубопроводу 9 в последующие технологические аппараты, которая может быть осуществлена насосом или самотеком. Кроме того, карман предлагаемой конструкции обеспечивает контрольное выделение водной фазы. Ширина кольцевого сечения кармана выбирается в зависимости от технологических функций и необходимого буферного объема, обеспечивающего равномерную передачу в другие аппараты.

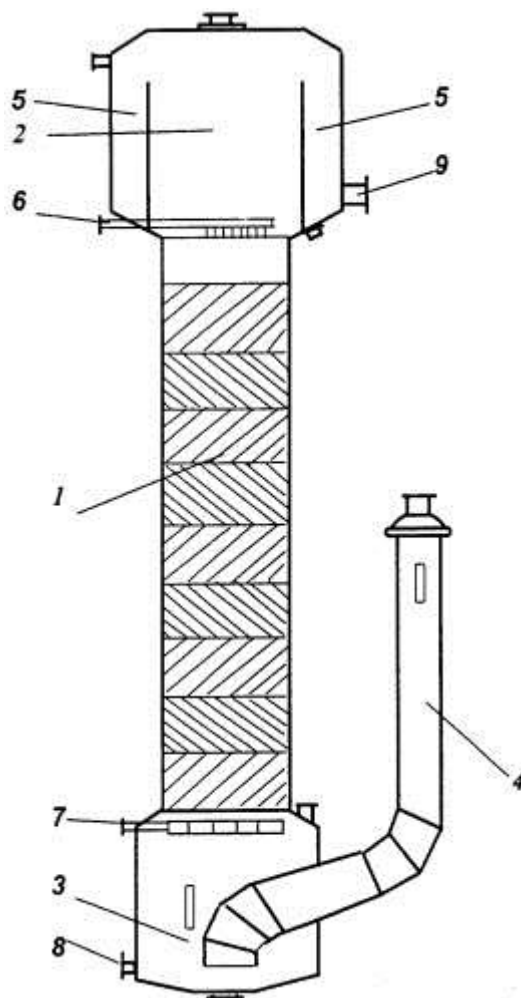


Рисунок 1 – конструкция экстрактора по изобретению [1].

2) Патент №2322280. Изобретение служит для взаимодействия несмешивающихся жидкостей разной плотности в процессах жидкостной экстракции.

Задачей предлагаемого изобретения было создание такой конструкции экстракционной колонны, которая позволила бы, при повышении эффективности очистки легкой фазы от тяжелой (т.е. в конечном итоге повышение качества продукта), оптимизировать конструктивные размеры колонны и, тем самым, снизить металлоемкость.

Поставленная задача решена в предложенной конструкции экстракционной колонны, включающей насадочную часть, верхнюю отстойную камеру со сливным карманом, нижнюю отстойную камеру, впускные трубопроводы для ввода тяжелой фазы в насадочную часть сверху и легкой фазы снизу, выпускные трубопроводы для вывода легкой фазы из

верхней отстойной камеры и тяжелой фазы из нижней, пульсационную камеру, соединенную с нижней отстойной камерой, отличающейся тем, что отстойные камеры имеют разные диаметры, а в верхнюю отстойную камеру помещен коалесцирующий пакет с лиофильным по отношению к тяжелой фазе материалом на расстоянии от насадочной части, равном 0,6-0,8 высоты верхней камеры. Диаметр нижней камеры относится к диаметру насадочной части как 1:1, а диаметр верхней части относится к диаметру насадочной части как (1,5-2):1. Кроме того, в конструкции слив в карман легкой фазы выполнен по кольцевому переливу.

Схема экстракционного колонного аппарата предлагаемой конструкции приведена на рисунке 2. Колонный аппарат имеет насадочную часть 1, верхнюю 2 и нижнюю 3 отстойные камеры, пульсационную камеру 4, коалесцирующий пакет 5 и сливной карман 6.

Колонна работает следующим образом: тяжелая фаза подается в насадочную часть 1 сверху. Снизу в нее подается легкая фаза при заданном объемном соотношении (О:В более 3). Контакт фаз происходит в насадочной части колонны под воздействием пульсаций, генерируемых пневматическим пульсатором и передаваемых через пульскамеру 4. Если сплошной фазой является тяжелая жидкость, то легкая фаза (дисперсная) дробится на капли, которые, поднимаясь по насадочной части колонны, попадают в ВОК 2, где происходит их коалесценция. Экстракционные системы процесса очистки ЭФК ТБФ-ом имеют относительно высокие значения вязкости и плотности, что способствует снижению скорости коалесценции капель (или скорости гравитационного разделения эмульсии в ВОК). Следовательно, для обеспечения высокой степени разделения эмульсии необходимо существенное снижение скорости потока в ВОК (увеличение диаметра в 1,5-2 раза в сравнении с диаметром насадочной части).

Увеличение диаметра ВОК необходимо также в связи с тем, что в процессе очистки ЭФК объемное соотношение О:В изменяется от 3 до 8, т.е.

объем потока легкой фазы в 3-8 раз больше объема тяжелой. Следовательно, диаметр НОК (объем) должен быть значительно меньше диаметра ВОК.

Тяжелая фаза, проходя насадочную часть 1 сверху вниз, поступает в НОК 3, где происходит отделение легкой фазы от тяжелой. Поскольку поток тяжелой фазы значительно меньше потока легкой, то и скорость его в насадочной части ниже, дальнейшее снижение этой скорости в НОК 3 нецелесообразно, поэтому диаметр НОК равен диаметру насадочной части. Возможное увеличение нагрузки на аппарат не окажет существенного влияния на увеличение скорости потока тяжелой фазы в НОК. Из НОК 3 тяжелая фаза выводится по соответствующим трубопроводам. Увеличение скорости потока легкой фазы в ВОК при возможном увеличении нагрузки будет существенным, что ухудшит процесс коалесценции частиц тяжелой фазы и незамедлительно приведет к снижению степени очистки легкой фазы от тяжелой и, как следствие, ухудшению качества конечного продукта. Устойчивая высокая эффективность удаления тяжелой фазы из легкой обеспечивается расположением в слое легкой фазы коалесцирующего пакета 5 с лиофильным по отношению к тяжелой фазе материалом (при этом используется обычный метод адсорбционной фильтрации). Легкая фаза, свободная от тяжелой фазы, равномерно со всей поверхности самотеком сливается через сливной карман 6, выполненный по кольцевому переливу, и передается на следующую операцию.

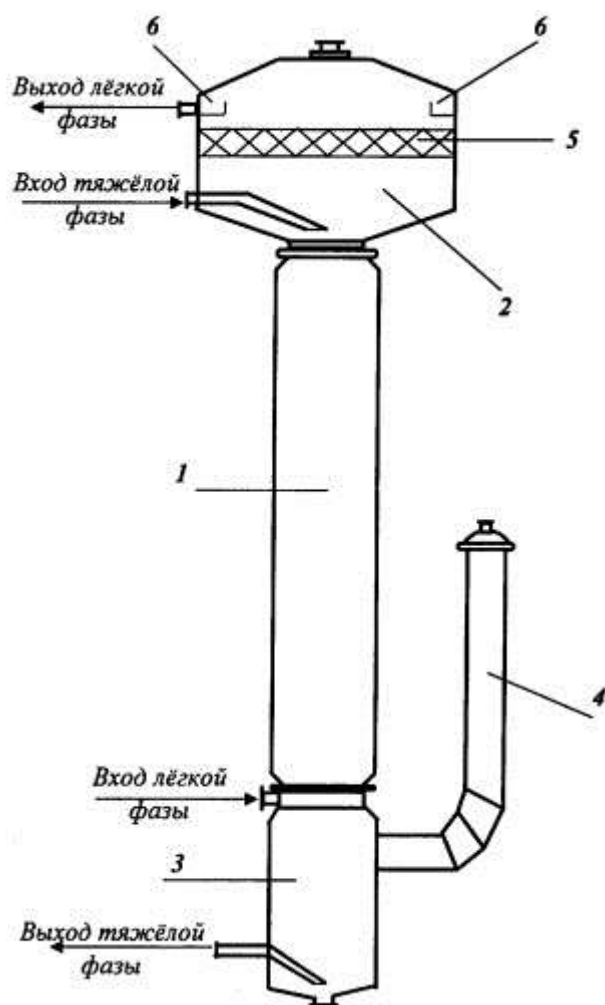


Рисунок 2 – конструкция экстрактора по изобретению [2].

3) Патент №2322281. Изобретение относится к экстракторам колонного типа для взаимодействия несмешивающихся жидкостей разной плотности в процессах жидкостной экстракции.

Задачей предлагаемого изобретения было создание такой конструкции экстракционной колонны, которая позволила бы обеспечить высокую эффективность массообменных процессов при достаточно низких расходах воздуха на пульсацию и без забивки аппарата твердыми веществами.

Поставленная задача решена в предложенной конструкции экстракционной колонны, которая включает насадочную часть, снабженную пакетами массообменных тарелок, верхнюю и нижнюю отстойные камеры, впускные трубопроводы с распределителями на концах для ввода тяжелой фазы в насадочную часть сверху и легкой фазы снизу, выпускные трубопроводы для вывода легкой фазы из верхней отстойной камеры и

тяжелой из нижней, пульсационную камеру, соединенную с нижней отстойной камерой, тем, что насадка выполнена из чередующихся пакетов двух типов, которые собирают из массообменных тарелок с различным проходным сечением, равным 20-35 и 40-45%, причем количество тарелок в пакете составляет 3-6, а пульсационная камера выполнена в виде трубопровода, конец которого направлен к днищу нижней отстойной камеры, при этом площадь его сечения равна 0,12-0,35 площади насадочной части, а высота пульскамеры составляет 0,25-0,5 высоты колонны. Распределительное устройство для подачи легкой фазы расположено над входом пульсационной камеры в нижнюю отстойную камеру.

Схема экстракционного колонного аппарата предлагаемой конструкции приведена на рисунке 3. Колонный аппарат имеет массообменную часть 1, пакеты насадок 2 и 3, верхнюю 4 и нижнюю 5 отстойные камеры, распределитель тяжелой фазы 6, распределитель легкой фазы 7, пульсационную камеру 8, штуцер подачи тяжелой фазы 9, штуцер подачи легкой фазы 10, штуцера для вывода легкой 11 и тяжелой 12 фаз.

Колонна работает следующим образом. Аппарат заполняется сплошной фазой (например, тяжелой) через штуцер 9 и распределитель 6, после чего включается пульсационное перемешивание с помощью сжатого воздуха, поступающего в пульсационную камеру 8 от пульсатора, который обеспечивает необходимую интенсивность пульсации. Оптимальные параметры пульсационного режима (например, расход сжатого воздуха) создаются благодаря предложенной конструкции пульсационной камеры, которая предусматривает площадь сечения, равную 0,12-0,35 площади насадочной части, и высоту, составляющую 0,25-0,5 высоты колонного аппарата. Именно такие конструкционные размеры позволяют снизить расход сжатого воздуха на интенсивное перемешивание реагентов в насадочной части. Выходное отверстие пульсационной камеры направлено к днищу НОК, что позволяет организовать интенсивное перемешивание тяжелой фазы и

способствовать максимальному выводу осадков, избегая их накопления на внутренней поверхности НОК и предотвращая аппарат от забивки.

Подаваемые тяжелая фаза через штуцер 9 и распределитель 6 и легкая (дисперсная) фаза через штуцер 10 и распределитель 7 поступают в массообменную часть 1 колонны. В насадочной части 1 установлены чередующиеся пакеты 2 и 3, состоящие из 3-6 массообменных тарелок и имеющие различное проходное сечение (например, пакет 2 имеет проходное сечение 40-45%, пакет 3 - 20-35%). При возвратно-поступательном движении сплошной и дисперсной фаз под воздействием пульсаций через сопловые отверстия в массообменной насадке происходит дробление дисперсной фазы и распределение реагентов по сечению колонны. Наличие чередующихся пакетов массообменных тарелок с различным проходным сечением обеспечивает различный гидродинамический режим в каждой секции. Наиболее интенсивное перемешивание и дробление дисперсной фазы осуществляется в пакетах с меньшим проходным сечением, а в пакетах с большим проходным сечением происходит частичная коалесценция капель и затухание турбулентности. Это позволяет получать максимальное число теоретических ступеней контакта в массообменной части колонны, что значительно повышает эффективность массообменного процесса.

Легкая фаза в виде капель поднимается снизу вверх по насадочной части колонны, контактирует с движущимся противотоком сплошной фазы и коалесцирует в верхней отстойной камере 4 и выводится самотеком через штуцер 11. Сплошная фаза выходит из нижней отстойной камеры 5 через штуцер 12. Вывод сплошной фазы регулируется по уровню границы раздела фаз в верхней отстойной камере 4.

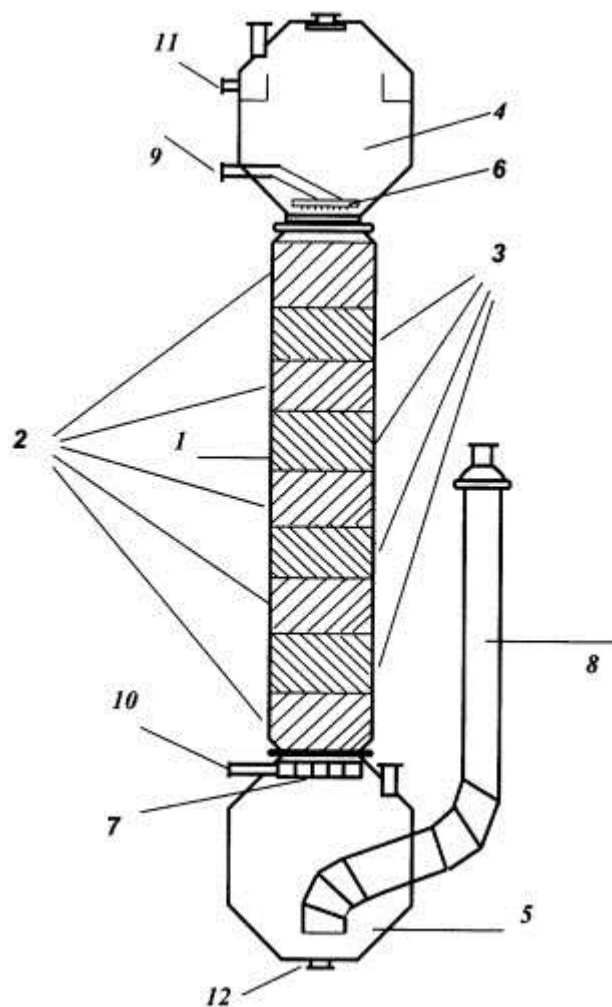


Рисунок 3 – конструкция экстрактора по изобретению [3].

Заключение

Общими тенденциями развития объекта исследования являются:

- 1) Стремление упростить конструкцию, уменьшить размеры, повысить производительность;
- 2) Применение отстойных камер разных диаметров;
- 3) Выполнение насадок из чередующихся пакетов двух типов.

Приложение Б

Программа расчёта основных параметров аппарата

Определить размеры роторно-дискового экстрактора для извлечения сероводорода и меркаптановой серы из высокосернистой карбоновой нефти экстракцией 35%-ного водного раствора этиламинотриформалья при следующих условиях: расход исходной смеси $V_x=V_c=0,0025 \text{ м}^3/\text{с}$ ($9 \text{ м}^3/\text{ч}$), расход экстрагента $V_y=V_d=0,000025 \text{ м}^3/\text{с}$ ($0,09 \text{ м}^3/\text{ч}$), температура в экстракторе $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$\rho_c = 900 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_d = 1046 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu_c = 2,5 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

$$\sigma = 0,015 \text{ Н/м}$$

Расчет роторно-дисковых экстракторов заключается в определении размеров высоты рабочей части колонны и диаметра, а также расчет размеров внутренних устройств (диаметры дисков и статорных колец, расстояние между дисками) и частоту вращения дисков. Исходными данными являются соотношения размеров внутренних устройств экстрактора D_p/D , D_c/D , h/D (где D , D_p и D_c – диаметры соответственно колонны и дисков и внутренний диаметр статорных колец; h – высота секции), а также величина nD_p (где n – частота вращения ротора).

Как правило диаметр дисков в роторно-дисковых экстракторах в 1,5–2 раза меньше диаметра колонны, высота секции (расстояние между дисками) в 2–4 раза меньше диаметра колонны, а внутренний диаметр колец статора составляет 70–80% от диаметра колонны. Примем следующие соотношения

для размеров внутренних устройств: $D_p/D = 2/3$; $D_c/D = 3/4$, $h/D = 1/3$ и рассчитаем размеры экстрактора, работающего при $nD_p = 0,2$ м/с.

Средний размер капель. Для определения размеров капель необходимо знать число секций (дисков). Зададимся числом секций $N = 20$. Получим:

$$d = 16,7 \frac{\mu_c^{0,3} \sigma^{0,5}}{(nD_p)^{0,9} p_c^{0,8} g^{0,2} N^{0,23}} \quad (1)$$

$$d = 16,7 \frac{0,0025^{0,3} \cdot 0,015^{0,5}}{0,2^{0,9} \cdot 900^{0,8} \cdot 9,8^{0,2} \cdot 20^{0,23}} = 0,002 \text{ м/с}$$

Суммарная фиктивная скорость фаз при захлебывании. Рассчитав скорость свободного осаждения капель размером 2, мм в нефти, получим $w_0 = 5,73$ см/с. Определим характеристическую скорость капель:

$$(D_c/D)^2 = (3/4)^2 = 0,562$$

$$1 - (D_p/D)^2 = 1 - (2/3)^2 = 0,556$$

$$\frac{(D_c + D_p)}{D} \left[\left(\frac{D_c - D_p}{D} \right)^2 + \left(\frac{h}{D} \right)^2 \right]^{0,5} = \left(\frac{3}{4} + \frac{2}{3} \right) \left[\left(\frac{3}{4} - \frac{2}{3} \right)^2 + \left(\frac{1}{3} \right)^2 \right]^{0,5} = 0,485$$

Фиктивная суммарная скорость фаз при захлебывании:

$$\Phi_{\text{э}} = \frac{\sqrt{b^2 + 8b} - 3b}{4(1-b)} = \frac{\sqrt{0,01^2 + 8 \cdot 0,01} - 3 \cdot 0,01}{4 \cdot (1 - 0,01)} = 0,06 \quad (2)$$

$$(w_D + w_c)_3 = (1 - 4 \cdot 0,06 + 7 \cdot 0,06^2 - 4 \cdot 0,06^3) 2,78 = 2,15$$

Диаметр колонны и размеры внутренних устройств. Минимально допустимый диаметр колонны в данном случае равен

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4(V_D + V_c)}{\pi(w_D + w_c)_3}} = \sqrt{\frac{4(0,0025 + 0,000025)}{3,14 \cdot 2,15}} = 0,4 \quad (3)$$

Принимаем внутренний диаметр колонны равным 1 м. Фиктивные скорости фаз в такой колонне равны: $w_y = w_D = 0,354$ см/с ; $w_x = w_c = 0,354$ см/с

Основные размеры внутренних устройств экстрактора:

$$D_p = D \left(\frac{D_p}{D} \right) = 1 \cdot \frac{2}{3} = 0,667, \quad (4)$$

$$D_c = D \left(\frac{D_c}{D} \right) = 1 \cdot \frac{3}{4} = 0,75, \quad (5)$$

$$h = D \left(\frac{h}{D} \right) = 1 \cdot \frac{1}{3} = 0,333. \quad (6)$$

$$\text{Частота вращения } n = \frac{nD_p}{D_p} = \frac{0,2}{0,667} = 0,3. \quad (7)$$

Удельная поверхность контакта фаз.

$$\Phi^3 - 2\Phi^2 + 1,06\Phi - 0,127 = 0 \quad (8)$$

Решая это уравнение находим удерживающую способность $\Phi = 0,169$.

Следовательно, удельная поверхность контакта фаз равна

$$a = 6\Phi/d = 6 \cdot 0,169/0,002 = 500$$

Высота рабочей зоны колонны. На основе диффузионной модели вычислим число дисков с учетом продольного перемешивания и высоту рабочей зоны. Коэффициенты продольного перемешивания в сплошной E_c и дисперсной E_d фазах вычислим из следующих эмпирических зависимостей:

$$E_c = 0,5 \frac{w_c h}{1-\Phi} + 0,09 \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \left[\left(\frac{D_c}{D} \right)^2 - \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \right] n D_p h; \quad (9)$$

$$E_d = 0,5 \frac{w_d h}{\Phi} + 0,09 \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \left[\left(\frac{D_c}{D} \right)^2 - \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \right] n D_p h. \quad (10)$$

$$E_x = E_c = 0,5 \frac{0,177 \cdot 10^{-2} \cdot 0,333}{1 - 0,169} + 0,09 \left(\frac{2}{3} \right)^2 \cdot \left[\left(\frac{3}{4} \right)^2 - \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right] \cdot 0,2 \cdot 0,333 \\ = 6,69 \cdot 10^{-4}$$

$$E_y = E_d = 0,5 \frac{0,354 \cdot 10^{-2} \cdot 0,333}{0,169} + 0,09 \left(\frac{2}{3} \right)^2 \cdot \left[\left(\frac{3}{4} \right)^2 - \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right] \cdot 0,2 \cdot 0,333 \\ = 38 \cdot 10^{-4}$$

Для определения коэффициентов массоотдачи необходимо знать относительную скорость капель в колонне и критерий Рейнольдса:

$$W_{om} = \frac{w_d}{\Phi} + \frac{w_c}{1-\Phi} = \frac{0,177}{0,169} + \frac{0,354}{1-0,169} = 2,3 \quad (11)$$

$$Re = \frac{\rho_c W_{om} d}{\mu_c} = \frac{900 \cdot 0,023 \cdot 0,002}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 16,56 \quad (12)$$

Параметр T в уравнении равен:

$$T = \frac{4 \cdot 146 \cdot 9,8 \cdot (0,002)^2 \cdot 0,34}{3 \cdot 0,015} = 0,17.$$

Так как $T < 70$, то капли не осциллируют.

При определении размеров капель число секций экстрактора принято равным 20. Поэтому в качестве первого приближения для высоты экстрактора примем значение:

$$H = Nh = 20 \cdot 0,333 = 6,66 \text{ м} \quad (13)$$

Рассчитаем коэффициенты массоотдачи:

$$Pr_c = \frac{\mu_c}{\rho_c D_c} = \frac{0,0025}{900 \cdot 1,05 \cdot 10^{-9}} = 264 \quad (14)$$

$$Nu_c = 0,6 Re^{0,5} Pr_c^{0,5} = 0,6 \cdot 16,56^{0,5} \cdot 264^{0,5} = 39,67 \quad (15)$$

$$\beta_x = \beta_c = \frac{D_c}{d} Nu_c = 39,67 \frac{1,05 \cdot 10^{-9}}{0,002} = 0,208 \cdot 10^{-4}$$

$$Fo_D = \frac{4D_D \Phi}{d^2} = \frac{4(2 \cdot 10^{-9}) \cdot 318}{(0,002)^2} = 0,636$$

$$We = \frac{\rho_c w_{om}^2 d}{\sigma} = \frac{900(2,3 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 0,002}{0,015} = 0,063 \quad (16)$$

$$Nu_D = 31,4(Fo_D)^{-0,14} (Pr_D)^{-0,125} We^{0,37} = 31,4(0,636)^{-0,14} (112)^{-0,125} 0,063^{0,37} = 6,651 \quad (17)$$

$$\beta_y = \beta_D = \frac{Nu_D D_D}{d} = \frac{6,651 \cdot (2 \cdot 10^{-9})}{0,002} = 0,066 \cdot 10^{-4} \quad (18)$$

Находим коэффициент массопередачи и высоту единицы переноса по водной фазе, соответствующую режиму идеального вытеснения:

$$K_x = \left(\frac{1}{\beta_y} + \frac{1}{m\beta_x} \right)^{-1} \left(\frac{1}{0,066 \cdot 10^{-4}} + \frac{1}{2,22 \cdot 0,208 \cdot 10^{-4}} \right)^{-1} = 0,577 \cdot 10^{-5} \quad (19)$$

$$H_{ox} = \frac{w_x}{K_x a} = \frac{0,00177}{0,577 \cdot 10^{-5} \cdot 500} = 0,613 \quad (20)$$

Таким образом, при режиме идеального вытеснения по обеим фазам высота рабочей зоны колонны $H = n_{ox} H_{ox} = 5,08 \cdot 0,613 = 3,114 \text{ м}$.

Для определения высоты колонны с учетом продольного перемешивания находим методом последовательного приближения кажущуюся высоту единицы переноса. Сначала определим значение критерия Пекле для продольного перемешивания в обеих фазах:

$$Pe_y = \frac{w_y H}{E_y} = \frac{0,00354 \cdot 6,66}{38 \cdot 10^{-4}} = 6,2 \quad (21)$$

$$Pe_x = \frac{w_x H}{E_x} = \frac{0,00177 \cdot 6,66}{6,69 \cdot 10^{-4}} = 17,6 \quad (22)$$

В первом приближении коэффициенты f_y и f_x вычисляем, пренебрегая вторыми членами в правой части:

$$f_y = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_y)]}{Pe_y} \right\}^{-1} = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-6,2)]}{6,2} \right\}^{-1} = 1,192 \quad (23)$$

$$f_x = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_x)]}{Pe_x} \right\}^{-1} = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-17,6)]}{17,6} \right\}^{-1} = 1,06 \quad (24)$$

Находим первое приближение для кажущейся высоты единицы переноса:

$$\begin{aligned} H_{ox}^{\cdot} &= H_{ox} + \frac{E_x}{w_x f_x} + \left(\frac{V_x}{mV_y} \right) \left(\frac{E_y}{w_y f_y} \right) = 0,613 + \frac{6,69 \cdot 10^{-4}}{0,00177 \cdot 1,06} + 0,225 \cdot \frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,00354 \cdot 1,192} = \\ &1,173 \end{aligned} \quad (25)$$

Значению $H_{ox}^{\cdot} = 1,173$ м соответствует высота колонны

$$H = n_{ox} H_{ox}^{\cdot} = 5,08 \cdot 1,173 = 5,958 \text{ м}$$

Полученные значения H и H_{ox}^{\cdot} используем для более точного определения критерия Пекле и коэффициентов f_y и f_x :

$$Pe_y = \frac{0,00354 \cdot 5,958}{38 \cdot 10^{-4}} = 5,55$$

$$Pe_x = \frac{0,00177 \cdot 5,958}{6,69 \cdot 10^{-4}} = 15,76$$

$$\begin{aligned} f_y &= \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_y)]}{Pe_y} \right\}^{-1} - \left(1 - \frac{V_x}{mV_y} \right) \left(\frac{E_y}{w_y H_{ox}^{\cdot}} \right) \\ &= \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-5,55)]}{5,55} \right\}^{-1} - (1 - 0,225) \left(\frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,00354 \cdot 1,173} \right) \\ &= 0,401 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_x &= \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_x)]}{Pe_x} \right\}^{-1} - \left(1 - \frac{V_x}{mV_y} \right) \left(\frac{E_x}{w_x H_{ox}^{\cdot}} \right) \\ &= \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-15,76)]}{15,76} \right\}^{-1} - (1 - 0,225) \left(\frac{6,69 \cdot 10^{-4}}{0,00177 \cdot 1,173} \right) \\ &= 1,4 \end{aligned}$$

Второе приближение для кажущейся высоты единицы переноса равно:

$$H_{ox}^{\cdot} = 0,613 + \frac{6,69 \cdot 10^{-4}}{0,00177 \cdot 1,4} + 0,225 \cdot \frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,00354 \cdot 0,401} = 1,485$$

При таком значении H_{ox} требуемая высота колонны равна

$$H = n_{ox} H_{ox} = 5,08 \cdot 1,485 = 7,543 \text{ м}$$

Проводя расчет H_{ox} и H несколько раз, до тех пор, пока значения этих величин в двух последовательных итерациях не станут практически равными, получим: $H_{ox} = 1,15$ м; $H = 5,84$ м. Так как расстояние между дисками принято равным 0,333 м, колонна такой высоты должна иметь $5,84/0,333 = 17,5$ дисков. Принимая число дисков равным 18, получим для высоты рабочей зоны значение:

$$H = 18 \cdot 0,333 = 6 \text{ м.}$$

Размер отстойных зон. В роторно-дисковых экстракторах диаметры рабочей зоны и отстойных зон обычно одинаковы. В данном экстракторе отстойные зоны являются продолжением рабочей зоны, в которой происходит интенсивное движение жидкостей. Поэтому отстойные зоны должны состоять из двух частей: собственно отстойных зон (где происходит разделение фаз) и промежуточных успокоительных зон высотой обычно не меньше диаметра колонны (наличие которых создает лучшие условия для отстаивания). Исходя из этих соображений, принимаем полную высоту отстойных зон равной 1,2 м. Приведенный пример расчета роторно-дискового экстрактора выполнен при условии, что произведение числа оборотов ротора на его диаметр составляет 0,3 м/с.

Основные условные обозначения

a	- удельная поверхность контакта фаз
c	- концентрация распределяемого компонента в кг/м ³
d	- размер капель
D	- диаметр аппарата, коэффициент диффузии
E	- коэффициент продольного перемешивания
H_0	- общая высота единицы переноса

H	- высота рабочей зоны колонны
K	- коэффициент массопередачи
n	- число отверстий в распределителе дисперсной фазы; частота вращения
n_0	- общее число единиц переноса
V	- объемный расход
w	- фиктивная скорость
w_0	- скорость свободного осаждения капель
β	- коэффициент массоотдачи
μ	- вязкость
ρ	- плотность
$\Delta\rho$	- разность плотностей
σ	- межфазное натяжение
Φ	- удерживающая способность

Индексы

x	- фаза экстрагируемого раствора
y	- фаза экстрагента
c	- сплошная фаза
δ	- дисперсная фаза
n	- начальный параметр (на входе в аппарат)
k	- конечный параметр (на выходе из аппарата)

Приложение В

Графические материалы

- 1) Чертеж роторно-дискового экстрактора (1 лист А3)
- 2) Чертеж технологической схемы установки (1 лист А3)