

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Югорский государственный университет»
НИЖНЕВАРТОВСКИЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИКУМ (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Югорский государственный университет»



ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

Методические указания и контрольные задания
для студентов заочной формы обучения образовательных учреждений
среднего профессионального образования
специальности 240134.51 Переработка нефти и газа

Нижневартовск 2015

ББК 35.11

П-78

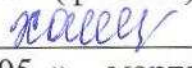
РАССМОТРЕНО

На заседании кафедры Э и Б
Протокол № 2 от 12.02.2015 г.
Зав. кафедрой

 Е.Г. Драницына

УТВЕРЖДАЮ

Председатель методического совета
ННТ (филиал) ФГБОУ ВПО «ЮГУ»

 Р.И. Хайбулина
« 05 » марта 2015 г.

Соответствует:

1. Федеральному государственному образовательному стандарту по специальности 240134 Переработка нефти и газа, утвержденному приказом Министерства образования и науки РФ от 17.11.2009 г. №611.

2. Рабочей программе учебной дисциплины «Процессы и аппараты», утвержденной от 06.09.2014 г.

Разработчик:

Стенникова Е.А., преподаватель Нижневартовского нефтяного техникума (филиал) ФГБОУ ВПО «ЮГУ».

Рецензенты:

1. Меркин М.И., преподаватель ННТ (филиал) ФГБОУ ВПО «ЮГУ».
2. Чудийович И.Я., начальник УПНиГ ОАО «Самотлорнефтегаз».

Замечания, предложения и пожелания направлять в Нижневартовский нефтяной техникум (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Югорский государственный университет» по адресу: 628615, Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ, г. Нижневартовск, ул. Мира, 37.

©Нижневартовский нефтяной техникум (филиал) ФГБОУ ВПО «ЮГУ»,
2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ПАСПОРТ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ»	4
1.1. Область применения рабочей программы и методических указаний.....	4
1.2. Место учебной дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы.....	4
1.3. Цели и задачи учебной дисциплины – требования к результатам освоения учебной дисциплины.....	4
1.4. Рекомендуемое количество часов на освоение программы учебной дисциплины при заочной форме обучения.....	5
2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ»	6
2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы при заочной форме обучения.....	6
2.2. Тематический план и содержание учебной дисциплины	6
2.3. Методические указания к выполнению контрольной работы.....	7
2.4. Требования к выполнению контрольной работы (задачи).....	7
2.5. Перечень экзаменационных вопросов и практических заданий	28
3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	30
3.1. Требования к минимальному материально – техническому обеспечению.....	30
3.2. Информационное обеспечение обучения.....	30
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	31

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения по дисциплине «Процессы и аппараты» разработаны в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) среднего (полного) общего образования (профильное обучение) в пределах основных профессиональных образовательных программ среднего профессионального образования (п.2 ст. 2 Закона «Об образовании» в ред. от 01.12.2007 № 309-ФЗ), в соответствии с федеральными базисными учебными планами для образовательных учреждений Российской Федерации, реализующих программы общего образования (приказ Минобрнауки России от 09.03. 2004 г № 1312 в редакции приказов Минобрнауки России от 20.08.2008 г. № 241 и от 30.08.2010 № 889) для специальности 240134 «Переработка нефти и газа».

Предлагаемые методические указания и контрольные задания содержат варианты контрольных работ, методические указания к выполнению контрольной работы, вопросы для самоконтроля, вопросы для подготовки к экзамену.

Цель методической разработки: закрепление теоретических знаний по дисциплине; развитие умения использовать приобретенные знания в профессиональной деятельности.

1. ПАСПОРТ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ»

1.1. Область применения рабочей программы.

Рабочая программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности СПО 240134 «Переработка нефти и газа».

Рабочая программа учебной дисциплины может быть использована для реализации государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальности 240134 среднего профессионального образования.

1.2. Место учебной дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы:

Математический и общий естественнонаучный цикл.

1.3. Цели и задачи учебной дисциплины - требования к результатам освоения учебной дисциплины:

В результате изучения учебной дисциплины «Процессы и аппараты» обучающийся должен уметь:

- читать, выбирать, изображать и описывать технологические схемы;

- выполнять материальные и энергетические расчеты технологических показателей химических производств;
- определять оптимальные условия проведения химико-технологических процессов;
- составлять и делать описание технологических схем химических процессов;
- обосновывать целесообразность выбранной технологической схемы и конструкции оборудования;
- выполнять расчеты характеристик и параметров конкретного вида оборудования;
- обосновывать выбор конструкции оборудования для конкретного производства;
- осуществлять подбор стандартного оборудования по каталогам и ГОСТам;
- составлять материальный баланс химических процессов;

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- классификацию и физико-химические основы процессов;
- теоретические основы физических, физико-химических и химических процессов;
- характеристики основных процессов технологии: гидромеханических, механических, массообменных, тепловых, химических процессов и аппаратов;
- основные понятия и законы физической химии и химической термодинамики;
- основные типы, конструктивные особенности и принцип работы технологического оборудования производств;
- технологические системы основных химических производств и их аппаратное оформление;
- методику расчета материального и теплового балансов процессов и аппаратов;
- методы расчета и принципы выбора основного и вспомогательного технологического оборудования;
- типичные технологические схемы химических производств и их аппаратное оформление;
- принципы выбора аппаратов с различными конструктивными особенностями.

1.4. Рекомендуемое количество часов/зачетных единиц на освоение программы учебной дисциплины при заочной форме обучения:

максимальной учебной нагрузки студента - 242 часов, в том числе:
 обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося - 10 часов,
 лабораторно-практических занятий – 6 часов,
 курсовой проект – 30 часов.

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ»

2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы при заочной форме обучения

Вид учебной работы	Объем часов
Максимальная учебная нагрузка (всего)	242
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	46
в том числе:	
лекции;	10
лабораторные занятия.	6
Самостоятельная работа обучающегося (всего)	
в том числе:	
<i>Курсовой проект;</i>	30
<i>решение тестовых заданий;</i>	
<i>подготовка сообщений.</i>	
Итоговая аттестация в форме – комплексный экзамен	

2.2. Тематический план и содержание учебной дисциплины «Процессы и аппараты»

№	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия	Объем часов/ зачетных единиц	Уровень усвоения
1	2	3	4
РАЗДЕЛ 1. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.			
	Тема 1.1. Основные понятия гидравлики и гидродинамики.		
1.	Основные физические свойства жидкости.	1	2
2.	Расход жидкости и средняя скорость. Равновесие жидкости.	1	2
3.	Гидростатическое, абсолютное и избыточное давление. Уравнение Эйлера. Закон Паскаля. Приборы для измерения.	1	2
4.	Основные понятия гидродинамики. Уравнение Бернулли.	2	2
5.	Классификация насосов и принципы работы. Типы насосов.		
РАЗДЕЛ 2. ТЕПЛООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ			
6.	Процесс теплообмена. Теплоносители.		
7.	Классификация теплообменных аппаратов. Устройство.	1	2
8.	Расчет теплообменников «труба в трубе».		
9.	Конвекция. Передача тепла конвекцией и лучеиспусканием.	1	2
10.	Основные расчетные соотношения для теплового расчета аппаратов.	1	2
11.	Роль аппаратов воздушного охлаждения в схемах конденсации и охлаждения нефтепродуктов. Хладагенты.	1	2
12.	Назначение, классификация и конструкции трубчатых печей.	1	2
13.	Расчет процесса горения. Тепловой баланс печи, расход топлива. Тепловой расчет радиантной и конвекционной камер.	1	2
РАЗДЕЛ 3. МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ.			
14.	Виды массообменных процессов. Материальный баланс.	1	2
15.	Сущность процесса ректификации. Материальный баланс. Флегмовое	2	2

	число. Теоретическая тарелка. Расчет колонны.		
16	Сущность процесса абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбера, определение числа тарелок.	1	2
17	Сущность процесса адсорбции. Тепловой баланс адсорбера. Требования адсорбентам.	1	2
18	Сущность процесса экстракции, конструкции, принцип расчета экстракторов.	1	1
19	Разделение неоднородных систем. Расчет фильтров, центрифуг.	1	2
20	Сушильные аппараты. Основные расчетные соотношения.	1	2
21	Реакционные аппараты. Реакторы-котлы. Трубчатые реакторы.	1	2
22	Процесс сепарации. Расчет сепараторов.	1	2
РАЗДЕЛ 4. ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ			
23	Основы ведения химических процессов. Классификация.	1	2
24	Химические процессы в нефтегазопереработке и нефтехимии.	1	1
25	Основные виды реакторных устройств.	1	2
26	Принцип расчета реактора.	1	2
27	Расчет трубчатых реакторов для проведения реакций в жидкой среде. Основные расчетные соотношения.	1	2
28	Расчет трубчатых печей для процессов пиролиза.	1	2
РАЗДЕЛ 5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРУБОПРОВОДЫ			
29	Общие сведения о трубопроводах.	1	2
30	Расчет на прочность стальных трубопроводов.	1	2
31	Расчет на прочность стальных трубопроводов высокого давления.	1	2
РАЗДЕЛ 6. РЕЗЕРВУАРЫ			
32	Классификация оборудования для хранения нефти и нефтепродуктов.	1	2
33	Цилиндрические и вертикальные резервуары. Другие типы.	1	2
34	Расчет толщины стенок резервуаров.	1	2
35	Газгольдеры.	1	2
36	Дополнительное оборудование резервуаров.	1	2
37	Эксплуатация резервуаров. Борьба с потерями при хранении нефти.		

2.3. Методические указания к выполнению

Студентам необходимо, после выбора варианта задания, тщательно изучить теорию по данной теме и изучить пример решения данного типа задач, приведенный в задачах. Затем, свой вариант задания необходимо выполнять по аналогии приведенного примера решения, подставляя данные своего варианта.

2.4. Требования к выполнению контрольной работы

Контрольная работа выполняется в отдельной тетради в клетку с пронумерованными страницами. На каждой странице оставляются поля в 3-4 см для замечаний проверяющего работу. На обложке тетради указывается учебный шифр, наименование дисциплины, курс, отделение, индекс учебной группы, фамилия, имя и отчество исполнителя, его точный почтовый адрес.

Порядок выполнения контрольной работы следующий:

- задания выполняются в порядке возрастания их номеров;
- каждое задание выполняется с новой страницы;
- выполнение каждого задания начинается с правильно и четко записанного условия;
- вычисления должны предшествовать формулы и уравнения соответствующих реакций;
- для всех исходных и вычисленных величин должны указываться их размерности;
- после решения задачи записывается ответ;
- на странице, следующей за последним выполненным заданием, приводится список использованной при выполнении контрольной работы литературы с указанием фамилии, имени и отчества автора, точного названия, места и года издания, указывается методическое пособие, по которому выполнена работа, ставится подпись исполнителя и дата.

В установленные графиком учебного процесса сроки студент направляет выполненную контрольную работу в учебное заведение. После получения прорецензированной работы студент должен исправить отмеченные ошибки, выполнить все указания преподавателя (это делается в той же тетради, где выполнена контрольная работа) и повторить недостаточно усвоенный материал. Если контрольная работа не зачтена, студент выполняет ее повторно.

Если в ходе выполнения контрольной работы возникают затруднения, студент может обратиться за консультацией к преподавателю.

В день экзамена контрольные работы не принимаются и не регистрируются. Студент, не выполнивший контрольную работу, к экзамену не допускается.

Задача № 1.

1.1. Нарисовать схему сепаратора.

1.2. Описать назначение и принцип работы сепаратора, его технические характеристики.

1.3. Произвести расчет нефтегазового сепаратора на пропускную способность по газу и жидкости.

Исходные данные для расчета

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Давление в сепараторе P , МПа	2,2	2,6	2,5	2,8	2,4	2,0	2,7	2,6	1,8	1,9
Температура в сепараторе T , °К	300	290	293	298	296	294	300	310	315	305
Диаметр сепаратора D , м	1,0	0,9	1,2	1,3	1,5	1,0	1,2	1,3	1,0	1,3
Плотность нефти, $\text{кг}/\text{м}^3$	800	820	830	840	850	860	870	860	855	840

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Плотность газа в норм. условиях, ρ_0 , кг/м ³	1,0	1,1	1,2	1,15	1,21	1,25	1,05	1,11	1,13	1,18
Динамическая вязкость в условиях сепаратора μ , (Па*с)*10 ⁻³	0,012	0,014	0,013	0,013	0,014	0,011	0,011	0,014	0,011	0,011
Диаметр капелек нефти, d_n , мкм	30	35	33	34	32	31	29	28	30	32
Коэффициент сжимаемости газа, Z	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,98	1,0	0,96	1,0	1,0
Давление опрессовки, $P_{оп}$	2P									
Допустимое напряжение стали на разрыв, G, МПа	200	186	187	190	195	199	160	150	146	147
Коэффициент прочности шва, ϕ	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Радиус сферы днища, R, м	3	3,5	3	3	3,5	3	3,5	4	3	3,5
Запас на коррозию металла, C, м	0,002		0,3	0,002						0,003

Для эффективной сепарации необходимо, чтобы расчетная скорость движения газового потока в сепараторе была меньше скорости осаждения жидких и твердых частиц, движущихся под действием силы тяжести во встречном потоке газа, т.е.:

$$V_r < u_{ч}$$

Методические указания к выполнению расчета:

1. Скорость осаждения капельки жидкости (твердой частицы), имеющей форму шара, можно определить по формуле Стокса:

$$u_{ч} = \frac{d_n^2 * (\rho_n - \rho_r) * g}{18 \mu_r} \quad (1.1)$$

где $u_{ч}$ - скорость осаждения частицы, м/с;
 d_n - расчетный диаметр частицы (капельки нефти), м;
 ρ_n ; - соответственно плотность нефти и газа в условиях сепаратора, кг/м³;
 ρ_r - кг/м³;
 g - ускорение свободного падения, м/с², = 9,81;
 μ_r - динамическая вязкость газа в условиях сепаратора, Па*с;

2. Плотность газа в условиях сепаратора определяем по формуле:

$$P_r = \rho_0 * P/P_0 * T/T_0 * 1/Z, \text{ кг/м}^3 \quad (1.2)$$

- где ρ_0 - плотность газа при нормальных условиях кг/м³;
 P и P_0 - соответственно давление в сепараторе и атмосферное давление Па, $P_0=1,013*10^5$ Па;
 T и T_0 - абсолютная температура в сепараторе ($T=273 + t$), К и абсолютная нормальная температура ($T_0=273$ К);
 Z - коэффициент сжимаемости, учитывающий отклонение реальных газов от идеального.

3. Скорость подъема газа в вертикальном сепараторе на практике определяют по формуле:

$$V_r = u_{\text{ч}} / 1,2 \quad (1.3)$$

- где $u_{\text{ч}}$ - скорость осаждения частицы, м/с;

4. Суточная производительность сепаратора по газу:

$$V_r = \frac{86400 * v_r * 0,785 * D^2 * P * T_0}{Z * P_0 * T} \quad , \text{м}^3/\text{сут} \quad (1.4)$$

- где D - диаметр сепаратора, м;
 v_r - скорость подъема газа, м/с;
 P и P_0 - соответственно давление в сепараторе и атмосферное $P_0=1,013*10^5$ Па;
 T и T_0 - абсолютная температура в сепараторе ($T=273+t$) и абсолютная нормальная температура ($T_0=273$ К);
 Z - коэффициент сжимаемости, учитывающий отклонение реальных газов от идеального.

5. Определяем толщину стенки корпуса сепаратора:

$$S_{\text{к}} = \frac{P_{\text{оп}} * D}{2G * \varphi + P_{\text{оп}}} + C, \text{ м} \quad (1.5)$$

6. Определяем толщину днища:

$$S_{\text{д}} = \frac{P_{\text{оп}} * R}{2G * \varphi + P} + C, \text{ м} \quad (1.6)$$

- где $P_{\text{оп}}$ - избыточное внутреннее давление, МПа;
 D - наружный диаметр сепаратора, м;
 G - допустимое напряжение материала сепаратора, МПа;
 φ - коэффициент прочности сварного шва;
 C - прибавка к расчетной толщине для компенсации коррозии, м;
 R - радиус кривизны в вершине днища, м.

Пример расчета:

1. Скорость осаждения капельки жидкости (твердой частицы), имеющей форму шара, можно определить по формуле Стокса:

$$u_{\text{ч}} = \frac{(25 * 10^{-6})^2 * (795 - 16,2) * 9,81}{18 * 0,012 * 10^{-3}} = 0,022 \text{ м/с}$$

2. Плотность газа в условиях сепаратора определяем по формуле:

$$P = 1,07 * \frac{1,6 * 273 * 1}{0,1 * 293 * 0,96} = 16,2 \text{ кг/м}^3$$

3. Скорость подъема газа в вертикальном сепараторе на практике определяем по формуле:

$$V_r = 0,022/1,2 = 0,018 \text{ м/с}$$

4. Суточная производительность сепаратора по газу:

$$V = \frac{86400 * 0,018 * 0,785 * 0,9^2 * 2,2 * 10^6 * 273}{1 * 1,033 * 10^5 * 273} = 21060 \text{ м}^3/\text{сут}$$

5. Определяем толщину стенки корпуса сепаратора:

$$S_k = \frac{2 * 2,7 * 0,9}{2 * 185 * 0,85 + 2 * 2,7} + 0,002 = 0,017 \text{ м}$$

6. Определяем толщину днища:

$$S_d = \frac{2 * 2,7 * 3,6}{2 * 185 * 0,85 + 2,7} + 0,002 = 0,06 \text{ м}$$

Задача № 2.

1. Назвать классификацию трубопроводов.
2. Произвести гидравлический расчет напорного нефтепровода по вариантам.
3. Вывод по работе.

Исходные данные для расчета

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность нефтепровода Q_n , т/сут	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400
Длина нефтепровода L , м	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500
Геодезическая отметка начала трубопровода, Z_1 , м	100	110	120	130	140	150	160	170	105	115
Геодезическая отметка конца трубопровода, Z_2 , м	160	160	150	170	180	185	190	205	140	150
Плотность нефти, ρ , кг/м ³	820	840	860	880	900	830	850	870	890	840
Кинематическая вязкость жидкости, γ , м ² /с	$0,8 * 10^{-4}$	$0,85 * 10^{-4}$	$0,9 * 10^{-4}$	$0,95 * 10^{-4}$	$1,0 * 10^{-4}$	$1,2 * 10^{-4}$	$1,4 * 10^{-4}$	$1,6 * 10^{-4}$	$1,8 * 10^{-4}$	$0,9 * 10^{-4}$
Коэффициент полезного действия КПД насоса, η	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Методические указания к выполнению расчета:

1. Определяем площадь сечения нефтепровода:

$$F = \frac{Q}{3600 \cdot 24 \cdot v_{\text{ср}}}, \text{ м}^2 \quad (2.1)$$

где Q - производительность нефтепровода, т/сут.
 $v_{\text{ср}}$ - средняя скорость движения нефти в трубопроводе в зависимости от вязкости (см. таблицу)

Кинематическая вязкость жидкости, см ² /с	Рекомендуемые скорости при нагнетании	Рекомендуемые скорости при всасывании
0,01-0,3	1,5	1,0
0,31-0,75	1,3	1,0
0,76-1,5	1,0	0,8
1,51-4,4	0,8	0,6
Свыше 4,4	0,6	0,4

2. Определяем диаметр нефтепровода (внутренний)

$$D = \sqrt{F/0.785} \text{ м} \quad (2.2)$$

где F - площадь трубопровода, м²

Определяем по таблице наружный и внутренний диаметры трубопровода, толщину стенки трубопровода.

Наружный диаметр трубы	Теоретическая масса 1 м трубы (кг) при толщине стенки, мм								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
57	4	5,23	6,41	7,55	8,63	9,67	10,65	11,59	12,48
60	4,22	5,52	6,78	7,99	9,15	10,26	11,32	12,33	13,29
70	4,96	6,51	8,01	9,47	10,88	12,23	13,54	14,8	16,01
76	5,4	7,1	8,75	10,36	11,91	13,42	14,87	16,28	17,63
89		8,38	10,36	12,28	14,16	15,98	17,76	19,48	21,16
108		10,26	12,7	15,09	17,44	19,73	21,97	24,17	26,31
133		12,73	15,78	18,79	21,75	24,66	27,52	30,33	33,10
159			18,99	22,64	26,24	29,79	33,29	36,75	40,15
168			20,10	23,97	27,79	31,57	35,29	38,97	42,5
219				31,52	36,6	41,63	46,61	51,54	56,43
273					45,92	52,28	58,6	64,86	71,07
325						62,54	70,14	77,68	85,18
377							81,68	90,51	99,29
426							92,55	102,59	112,58

3. Для принятого из таблицы диаметра уточняем среднюю скорость движения нефти

$$v_{\text{ср}} = \frac{Q}{3600 \cdot 24 \cdot F_{\text{гост}}}, \text{ м/сек} \quad (2.3)$$

$$F_{\text{ГОСТ}} = \frac{\pi d_{\text{ГОСТ}}^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (2.4)$$

где **Q** - производительность нефтепровода, т/сут;
F_{ГОСТ} - площадь сечения трубопровода с диаметром по ГОСТ;
D_{ГОСТ} - диаметр по ГОСТ, м

4. Определяем режим движения жидкости по параметру Рейнольдса:

$$Re = \frac{V_{\text{ср}} * d_{\text{ГОСТ}}}{\nu} \quad (2.5)$$

где **V_{ср}** - средняя скорость движения нефти, м/сек;
d_{ГОСТ} - диаметр по ГОСТ, м;
ν - кинематическая вязкость жидкости, м²/с.

Если $Re < 2320$, режим ламинарный, а при $Re > 2320$ – режим турбулентный, если же $2320 < Re < 2800$ – режим неопределенный.

5. Определяем коэффициент гидравлического сопротивления для выбранного режима:

Ламинарный

$$\Lambda = 65/Re \quad (2.6)$$

Турбулентный

$$\Lambda = 0,316 / \sqrt[4]{Re} \quad (2.7)$$

Неопределенный

$$\Lambda = (0,16Re - 13) * 10^{-4} \quad (2.8)$$

6. Определяем потери напора на преодоление сил трения:

$$\Delta h = \Lambda * \frac{L * v_{\text{ср}}^2}{2d_{\text{ГОСТ}} * g}, \text{ м} \quad (2.9)$$

где **L** - длина нефтепровода, м;
d_{ГОСТ} - внутренний диаметр трубопровода по ГОСТ, м;
v_{ср} - средняя скорость движения нефти, м/с;
g - ускорение свободного падения, м/с²;
Λ - коэффициент гидравлического сопротивления.

7. Находим потери напора на трение с учетом разности нивелирных отметок начального и конечного пунктов перекачки:

$$\Delta H = \Delta h + (Z_2 - Z_1), \text{ мм.в.ст.} \quad (2.10)$$

где **Z₁** - геодезическая отметка начала трубопровода, м;
Z₂ - геодезическая отметка конца трубопровода, м;
h - потери напора на преодоление сил трения, м.

8. Общие потери напора, выраженные в Па:

$$P = \Delta H - \rho_n * g, \text{ Па} \quad (2.11)$$

где ρ_n - плотность нефти, кг/м³;
 H - потери напора на трение с учетом нивелирных отметок, м;

9. Общие потери напора на трение:

$$P = \frac{H * \rho_n}{10^4}, \text{ кг*с/см}^2 \quad (2.12)$$

где H - потери напора на трение с учетом нивелирных отметок, м;
 ρ_n - плотность нефти, кг/м³.

10. Определяем мощность насоса:

$$N = \frac{0.736 * K * Q * H * \rho}{75 * \eta * 86400}, \text{ кВт} \quad (2.13)$$

где K - коэффициент запаса мощности;
 H - общий напор в мм.вд.ст., м;
 Q - производительность, м³/сут;
 ρ - плотность нефти, кг/м³;
 η - КПД насоса.

Задача № 3.

1. Начертить схему горизонтального гравитационного отстойника ОГ-200С, изучить его конструкцию, описать силы, действующие в отстойнике.

2. Произвести расчет горизонтального гравитационного отстойника.

3. Дать оценку гравитационному отстою.

Исходные данные для расчета:

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип отстойника	ОГ-200 С				ОВД-200			ОБМ-300/6		
Внутренний диаметр отстойника, D_v , м	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Длина отстойника, L , м	25,42				22,88			20,44		
Вязкость эмульсии, μ	$7 * 10^{-6}$				$9 * 10^{-5}$			$6 * 10^{-6}$		
Диаметр капелек воды в эмульсии d , м	$3 * 10^{-4}$	$4 * 10^{-4}$	$5 * 10^{-4}$	$3 * 10^{-4}$	$4 * 10^{-4}$	$5 * 10^{-4}$	$3 * 10^{-4}$	$4 * 10^{-4}$	$5 * 10^{-4}$	$3 * 10^{-4}$
Производительность установки подготовки нефти G , м ³ /ч	2400				1800			2100		
Плотность нефти, ρ_n	1,0	1,1	1,2	1,15	1,21	1,25	1,05	1,11	1,13	1,18
Время отстоя, τ , час	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Плотность воды, ρ_v	1002	1001	1002	1000	1003	1004	1005	1001	1004	1002

Плотность нефти ρ_n	900	890	880	870	900	860	870	885	850	840
Рабочее давление в отстойнике, P_1 , МПа	0,6	0,5	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7
Обводненность продукции n_b	0,6	0,8	0,7	0,85	0,65	0,75	0,8	0,55	0,6	0,7
Рабочая температура, $t_{\text{раб}}$	30									
Максимальная температура рабочей среды, t_{max}	100									
Допустимое напряжение стали на разрыв G_g	200	186	186	200	200	200	150	150	146	146

Методические указания к расчету:

1. Определяем объем отстойника:

$$V_{\text{отс}} = \frac{\pi D_b^2}{4} * L, \text{ м}^3 \quad (3.1)$$

где D_b^2 - внутренний диаметр отстойника, м;
 π = 3,14;
 L - длина отстойника, м.

2. Рассчитываем необходимое число аппаратов:

$$n = \frac{G_v * \tau}{V_{\text{отс}}}, \text{ ап.} \quad (3.2)$$

где τ - время отстоя, час;
 G_v - производительность установки, м³/ч;
 $V_{\text{отс}}$ - объем отстойника, м³.

3. При параллельном соединении аппаратов скорость выходящего потока определяется по формуле:

$$V_n = \frac{4 G_v}{3600 \pi D_b^2 * n}, \text{ м/сек} \quad (3.3)$$

где n - количество отстойников, ап.

4. Скорость осаждения капель эмульсии при гравитационном отстое определяем по формуле:

$$V_k = \frac{d^2 * (\rho_b - \rho_n) * g}{18 \mu_n}, \text{ м/сек} \quad (3.4)$$

где d - диаметр капель воды в эмульсии, м;
 $\rho_b; \rho_n$ - плотность воды и плотность нефти кг/м³;
 μ_n - динамическая вязкость нефти, Па*с.

Сравнить скорости осаждения капель воды и скорости выходящего потока, сделать вывод о состоянии отстоя. Для обеспечения отстоя должно выполняться условие:

$$V_n < V_k.$$

Механический расчет отстойника:

5. Рассчитываем давление в аппарате:

$$P = P_1 + P_2, \text{ МПа}; \quad (3.5)$$

где P_1 - рабочее давление в отстойнике, МПа;
 P_2 - гидростатическое давление столба эмульсии в отстойнике, МПа.

5.1.

$$P_2 = \rho_3 * g * D_b * 10^{-6}, \text{ МПа} \quad (3.6)$$

где ρ_3 - плотность эмульсии, кг/м³;
 D_b - внутренний диаметр отстойника, м;
 $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$

5.2.

$$\rho_3 = n_b * \rho_b + (1 - n_b) * \rho_n, \text{ кг/м}^3 \quad (3.7)$$

где n_b - обводненность продукции.

Если соотношение $P_2/P_1 < 6\%$ в расчете не учитывается P_2 , т.к. данный аппарат относится к сосудам 2 группы, 1 класса по рабочим условиям: $P_1 = 1 \text{ МПа}$; $T = 100^\circ\text{C}$, то допустимые напряжения определяются по формуле:

5.3.

$$\sigma_{\text{доп}} = \eta (\sigma^0), \text{ МПа} \quad (3.8)$$

где η - поправочный коэффициент, принимаем = 0,9;
 σ^0 - предельно допустимые напряжения, принимаем = 142;

6. Определяем толщину стенки обечайки корпуса:

$$S_k = \frac{P * D_b}{2 \phi \delta_{\text{доп}} + P} + C, \text{ м} \quad (3.2)$$

где P - расчетное давление в отстойнике, МПа;
 D_b - внутренний диаметр отстойника, м;
 ϕ - коэффициент запаса прочности сварного шва, принимаем = 1;
 $\delta_{\text{доп}}$ - допустимые напряжения, МПа;
 C - запас на коррозию, принимаем $C = 0,004 \text{ м}$.

Так как отстойник горизонтального типа, толщина стенки и днища равны:

$$S_d = S_k$$

Задача № 4.

1. Начертить схему стального вертикального резервуара.
2. Описать конструкцию, оборудование и принцип работы резервуаров.
3. Расчет стального вертикального резервуара.

Методические указания к выполнению расчета:

1. Рассчитываем вес металлической конструкции резервуара:

$$G_m = g_m * V_{\phi}, \text{ кг} \quad (4.1)$$

где g_m - вес металлической конструкции единицы объема резервуара, кг/м³;
 V_{ϕ} - фактический объем резервуара, м³.

2. Рассчитываем площадь поперечного сечения резервуара:

$$S = \frac{\pi D_{\text{вн}}^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

где $D_{\text{вн}}$ - внутренний диаметр резервуара, м.

3. Рассчитываем давление заполненного резервуара на его днище при заполнении «сырой нефтью»:

$$P_{\text{с.н.}} = \rho_{\text{с.н.}} * g * H_{\phi} + G_m/S, \text{ Па} \quad (4.3)$$

где $\rho_{\text{с.н.}}$ - плотность сырой нефти, кг/м³;
 H_{ϕ} - фактическая высота резервуара, мм.

4. Рассчитываем давление заполненного резервуара на его днище при заполнении его товарной нефтью:

$$P_{\text{т.н.}} = \rho_{\text{т.н.}} * g * H_{\phi} + G_m/S, \text{ Па} \quad (4.4)$$

где $\rho_{\text{т.н.}}$ - плотность товарной нефти, кг/м³.

Сравните давления сырой и товарной нефти.

5. Рассчитываем потери нефти при малых «дыханиях»:

$$G_{\text{м.д.}} = b * V_{\Gamma} * \frac{\ln((P_a - P_{\text{кв}} - P_{\text{min}}) * T_{\text{max}})}{(P_a - P_{\text{кд}} - P_{\text{max}}) * T_{\text{min}}}, \text{ кг} \quad (4.5)$$

где b - среднее массовое содержание вытесняемых паров, определяется по формуле:

$$b = \frac{(P_{\text{max}} - P_{\text{min}}) * M}{R * (T_{\text{max}} + T_{\text{min}})}, \text{ кг/м}^3 \quad (4.6)$$

где P_{max} - соответственно максимальное и минимальное давления паров в
 P_{min} - ГП резервуара в течение суток, Па;
 M - молярная масса паров нефти, кг/моль;
 T_{max} - соответственно максимальная и минимальная температуры ГП
 T_{min} - резервуара в течение суток, К;
 R - универсальная газовая постоянная, $R=8314$ Дж/моль*К

V_{Γ} - объем ГП резервуара, m^3 , определяется по формуле:

$$V_{\Gamma} = V_{\phi} - V_{ж}, m^3; \quad (4.7)$$

где V_{ϕ} - фактический объем резервуара, m^3 ;

$V_{ж}$ - объем жидкости в резервуаре, определяется по формуле:

$$V_{ж} = F_{н} * H_{взл}, m^3 \quad (4.8)$$

где $H_{взл}$ - высота взлива жидкости в резервуаре, м;

$F_{н}$ - площадь зеркала нефти, m^2 , определяется по формуле:

$$F_{н} = \frac{\pi D_{вн}^2}{4}, m^2 \quad (4.9)$$

где $D_{вн}$ - внутренний диаметр резервуара, м;

P_a - атмосферное (барометрическое) давление $P_a=101320$ Па;

$P_{кв}$ - уставка клапана вакуума, Па

$P_{кл}$ - уставка клапана давления, Па.

6. Рассчитываем потери нефти при больших «дыханиях» резервуара:

$$G_{бд} = V_{н} * C * \rho \quad (4.10)$$

где $V_{н}$ - объем закаченной в резервуар нефти, m^3 ;

C - средняя объемная концентрация паров нефти;

ρ - плотность паров нефти, kg/m^3 , определяется по формуле:

$$\rho = \frac{P_v * M}{T * R}, kg/m^3 \quad (3.2)$$

где P_v - упругость насыщенных паров нефти в ГП, Па;

T - абсолютная температура, К, для нормальных условий $T=273$ К;

M - молярная масса паров нефти, кг/моль;

R - универсальная газовая постоянная.

Данные для расчета

Параметры	Варианты									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Вес метал. конструкции 1 объема РВС $g_m, kg/m^3$	10	10,5	10,7	10,2	10,8	10,1	10,3	10,4	10,2	
Фактический объем резервуара, V_{ϕ}, m^3	2000	5000	10000	10000	10000	2000	2000	5000	2000	
Внутренний диаметр РВС, $D_{вн}, m$	15,2	22,8	34,2	34,2	34,2	15,2	15,2	22,8	22,7	
Плотность сырой нефти $\rho_{сн}$	985	987	979	986	954	988	977	962	958	
Фактическая высота резервуара H_{ϕ}	11,57	11,65	11,45	11,78	11,54	11,49	11,52	11,49	11,61	
Плотность товарной нефти $\rho_{тн}$	857	856	854	859	857	855	854	853	859	

Максимальное давление паров в ГП, P_{\max} , Па	0,05	0,01	0,2	0,1	0,5	0,02	0,01	0,06	0,05
Минимальное давление паров в ГП, P_{\min} , Па	0,01	0,005	0,1	0,05	0,1	0,01	0,005	0,02	0,01
Максимальная температура T_{\max}	273+45	273+40	273+38	273+35	273+30	273+25	273+20	273+21	273+24
Минимальная температура T_{\min}	273+20	273+21	273+18	273+22	273+23	273+17	273+16	273+17	273+15
Высота взлива в резервуаре, $H_{\text{взл}}$, м	500	550	450	400	750	700	650	600	450
Уставка клапана вакуума, $P_{\text{кВ}}$, Па	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Уставка клапана давления, $P_{\text{кЛ}}$, Па	2	3	2	3	4	3	2	3	2
Объем закаченной в РВС нефти, $V_{\text{н}}$, м ³	1200	2700	4800	3500	8900	1800	1750	4200	980
Средняя объемная концентрация паров нефти, C	0,0255	0,021	0,022	0,0023	0,027	0,020	0,20	0,25	0,28
Упругость насыщенных паров нефти $P_{\text{у}}$, Па	25	22	57	45	50	52	47	24	28

Задача № 5.

Поток водорода очищают от находящегося в нем метана (примесь). Массовая концентрация метана в исходной смеси $C_0^* = 0,2$ кг $\text{CH}_4/\text{м}^3$. Насыпная плотность адсорбента (активированного угля) $\rho_{\text{адс}} = 450$ кг/м³, порозность адсорбента $\epsilon = 0,4$.

Изотерма адсорбции чистого адсорбента описывается уравнением:

$$g^* = \frac{0,375 C_0^*}{1 + 8 C_0^*}$$

Фиктивная скорость газового потока $w^* = 0,09$ м/с.

Время цикла работы адсорбера $t = 1800$ с.

Определить высоту слоя адсорбента, при которой начнется проскок метана.

Решение: Найдем

$$g^* = \frac{0,375 \cdot 0,2}{1 + 8 \cdot 0,2} = 0,02885 \text{ кг } \text{CH}_4/\text{кг угля}.$$

Формула для определения высоты слоя адсорбента в нашем случае будет иметь вид:

$$L = \frac{w^* t C_0^*}{\epsilon C_0^* + \rho_{\text{адс}} g^*}$$

(так как расчет нужно вести до проскока метана, т.е. когда $C_0^* = 0$).

Тогда:

$$L = \frac{0,09 \cdot 1800 \cdot 0,2}{0,4 \cdot 0,2 + 450 \cdot 0,02885} = 2,48 \text{ м}.$$

Высота слоя активированного угля должна быть не менее 2,48 м, так как иначе будет наблюдаться проскок метана раньше 1800 с.

Данные для расчета

Параметры	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Массовая концентрация метана C_0^*	0,3	0,5	0,6	0,7	0,25	0,45	0,55	0,35	0,9
Насыпная плотность адсорбента $\rho_{адс}$	400	420	410	460	430	410	380	350	415
Порозность адсорбента, e	0,3	0,2	0,5	0,7	0,10	0,15	0,17	0,3	0,4
Фиктивная линейная скорость газового потока w^* , м/с.	0,1	0,02	0,04	0,05	0,08	0,55	0,054	0,07	0,03
Время цикла работы адсорбера t , с	1500	1400	1200	1100	2000	1700	1300	1450	1750

Задача № 6.

Для подогрева нефти используется горячий мазут, который движется противотоком в теплообменнике типа «труба в трубе». Расход горячего мазута $G_M = 28000$ кг/ч, а нефти $G_H = 60000$ кг/ч.

Мазут движется по внутренней трубе, а нефть – по межтрубному кольцевому пространству. Начальная температура мазута $t_{M,0} = 300^\circ\text{C}$ и нефти $t_{H,0} = 125^\circ\text{C}$, конечная температура мазута $t_M = 220^\circ\text{C}$, конечная температура нефти $t_H = 176^\circ\text{C}$. Диаметр внутренней трубы $d_{внтр} = 0,098$ м, а внешней $d_{внеш} = 0,158$ м. Средние значения физико-химических величин мазута и нефти таковы:

	Мазут	Нефть
Плотность	$\rho_M = 775$ кг/м ³	$\rho_H = 795$ кг/м ³
Теплоемкость	$C_p^M = 0,765$ ккал/кг	$C_p^H = 0,560$ ккал/кг
Кинематическая вязкость	$\nu_M = 0,0107 \cdot 10^{-4}$ м ² /с	$\nu_H = 0,0211 \cdot 10^{-4}$ м ² /с
Теплопроводность	$\lambda_M = 0,0938$ ккал/м ² ч	$\lambda_H = 0,1054$ ккал/м ² ч

Определить необходимую поверхность нагрева, пренебрегая теплопотерями.

Решение:

Найдем предварительно объемные расходы мазута и нефти, сечения, через которые движутся потоки, и линейные скорости этих потоков.

Для мазута объемный поток

$$W_M = \frac{G_M}{\rho_M} = \frac{28000}{775 \cdot 3600} = 0,01004 \text{ м}^3/\text{с};$$

Сечение

$$S_1 = \frac{\pi D_{вн}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,098^2}{4} = 0,00754 \text{ м}^2$$

Линейная скорость

$$w_M = \frac{W_M}{S_1} = \frac{0,01004}{0,00754} = 1,33 \text{ м/с}$$

Критерий Рейнольдса составит для потока мазута:

$$Re = \frac{w_M D_{BH}}{v_M} = \frac{1,33 * 0,098}{0,01704 * 10^{-4}} = 121813.$$

Если критерий Рейнольдса превышает 10000, значит турбулентный режим.

Для нефти критерий Рейнольдса = 63697, значит режим потока – турбулентный.

Для турбулентного режима при расчете коэффициентов теплоотдачи применима формула:

$$A = 0,023 \frac{\lambda}{d} Re^{0,8} Pr^{0,4}$$

где **a** - коэффициент теплоотдачи;
λ - теплоемкость;
d - диаметр;
Pr - критерий подобия Прандтля, рассчитываемый по формуле:

$$Pr = \frac{C_p \tau v p}{\lambda}$$

Рассчитываем коэффициент теплоотдачи a_1 от горячего мазута к стенке трубы:

$$a_1 = 0,023 \frac{0,0938}{0,098} * 121813^{0,8} * Pr_M$$

$$\text{Найдем } Pr_M = \frac{C_p \tau v p}{\Lambda_M} = \frac{0,765 * 0,0107 * 10^{-4} * 775 * 3600}{0,0938} = 24,3$$

$$\text{Тогда } a_1 = 0,023 \frac{0,0938}{0,098} * 121813^{0,8} * 24,3^{0,4} = 923 \text{ ккал/м}^2\text{ч}$$

Коэффициент теплоотдачи

$$a_2 = 0,023 \frac{0,1054 * (d_{внш})}{0,098 d_{внтр}} * Re_H^{0,8} * Pr_H^{0,4} =$$

$$0,023 * \frac{0,1054 * (0,158)^{0,45}}{0,098 * 0,098} * 63697^{0,8} * Pr_H^{0,4},$$

$$\text{Найдем } Pr_H^{0,4} = \frac{0,56 * 0,0211 * 10^{-4} * 795 * 3600}{0,1054} = 32,1$$

$$\text{Тогда } a_2 = 0,023 * \frac{0,1054 * (0,158)^{0,45}}{0,098 * 0,098} * 63697 * 32,1^{0,4} = 864 \text{ ккал/м}^2\text{ч}$$

Определим теперь общий коэффициент теплопередачи, приняв толщину трубы $b_{ст} = 0,005$ м, теплопроводность стенки $\lambda_{ст} = 40$ ккал/м²*ч и теплопроводность загрязнений $\lambda_{гр} = 0,2$ ккал/м²*ч.

Теперь:

$$K_T = \frac{1}{\frac{1}{a_1 + (\delta/\lambda)_{ст} + 2(\delta/\lambda)_{гр} + 1/a_2}} = \frac{1}{1/923 + 0,005/40 + 2*0,0005/0,2 + 1/864} = 135 \text{ ккал/м}^2\cdot\text{ч}$$

Поверхность теплообменника равна:

$$S_T = \frac{Q_2}{K_T \Delta t}$$

Найдем:

$$Q_2 = G_M (t_{M0} - t_M) C_{рм}^T = 28000 * (300 - 200) * 0,765 = 1713600 \text{ ккал/ч}$$

Или

$$Q_2 = G_H (t_{H0} - t_H) C_{рн}^T = 60000 * (176 - 125) * 0,560 = 1713600 \text{ ккал/ч} = 1994440 \text{ Дж/с} = 1994440 \text{ Вт.}$$

Найдем $\Delta t_{ср}$ при противотоке

Для мазута 300-----220

Для нефти 176-----125

$$\Delta t_6 = 124 \quad \Delta t_M = 95$$

$$\text{Имеем: } \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M} = \frac{124}{95} = 1,3 < 2 \text{ и } \Delta t_{ср} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_M}{2} = \frac{124 + 95}{2} = 110^0\text{C.}$$

$$\text{Тогда } S_T = 1713600 / 110 * 135 = 1994440 / 110 * 157 = 115 \text{ м}^2.$$

Данные для расчета:

Параметры	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход горячего мазута G_M	30000	25000	20000	18000	27000	24000	26000	27000	28500
Расход нефти G_H	50000	45000	40000	56000	55000	62000	63000	65000	57000
Температура мазута начальная/конечная	300/ 230	310/ 240	320/ 240	300/ 220	350/ 260	340/ 250	315/ 215	325/ 225	370/ 270
Температура нефти начальная/конечная	125/ 176	135/ 186	130/ 180	125/ 180	115/ 165	110/ 165	130/ 175	115/ 166	125/ 178
Диаметр внутренней трубы $d_{внт}$	0,095	0,096	0,097	0,099	0,089	0,087	0,093	0,094	0,095
Диаметр внешней трубы $d_{внт}$	0,157	0,158	0,159	0,161	0,154	0,156	0,153	0,154	0,151
Толщина трубы $\delta_{ст}$	0,0045	0,0046	0,0047	0,0051	0,0052	0,0054	0,0056	0,0057	0,0058
Теплопроводность стенки $\lambda_{ст}$	41	42	45	44	51	43	52	53	57
Теплопроводность загрязнений $\lambda_{гр}$, ккал/м ² *ч	0,1	0,15	0,18	0,17	0,14	0,18	0,21	0,22	0,23

Задача № 7.

Рассчитать отстойник для очистки водной суспензии по следующим данным:

$G_{\text{сус}} = 9600$ кг/ч, содержание твердых частиц в исходной суспензии $x_0 = 0,1$, в осадке $x_{\text{ос}} = 0,5$ и в потоке на выходе из отстойника $x = 0,0001$. Частицы имеет шарообразную форму. Минимальный размер осаждаемых частиц $d_{\text{ч}} = 25$ мкм. Плотность частиц $\rho_{\text{ч}} = 2600$ кг/м³, плотность воды $\rho_{\text{с}} = 1000$ кг/м³. Осаждение происходит при температуре 5 °С. Вязкость воды при 5 °С равна $\mu_{\text{с}} = 1,519 \cdot 10^{-3}$ Па*с.

Решение:

Определим значение критерия Архимеда:

$$Ar = \frac{(25 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot (2600 - 1000)}{(1,519 \cdot 10^{-3})} = 0,106$$

Критерий Рейнольдса Re равен:

$$Re = \frac{Ar}{18} = \frac{0,106}{18} = 0,00589.$$

Скорость свободного осаждения составит:

$$W_{\text{о,ч}} = \frac{0,00589 \cdot 1,519 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-6} \cdot 1000} = 3,58 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

Найдем плотность суспензии:

$$\rho_{\text{о}} = \frac{1}{0,1/2600 + 0,9/1000} = 1066 \text{ кг/м}^3$$

Определим объемную долю жидкости в суспензии e:

$$E = 1 - \frac{0,1 \cdot 1066}{2600} = 0,959.$$

Скорость «стесненного осаждения» частиц определяется так:

$$W_{\text{ч}} = 3,58 \cdot 10^{-4} \cdot 0,959^2 \cdot 10^{-1,82(1-0,959)} = 2,77 \cdot 10^{-4} \text{ м/с.}$$

Определяем поверхность отстойника, принимая $K_{\text{отс}} = 1,3$;

$$S_{\text{отс}} = \frac{1,3 \cdot 9600}{3600 \cdot 1000 \cdot 2,77 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{(0,5 - 0,1)}{(0,5 - 0,0001)} = 10 \text{ м}^2$$

Выбираем отстойник диаметром 3,6 м и высотой 1,8 м.

Для расчета отстойников часто используются практические данные, полученные для конкретных систем. Такими данными являются линейная скорость потока w и время осаждения (всплытия) $t_{\text{ч}}$.

Тогда длина отстойника равна:

$$L = w \cdot t_{\text{ч}}$$

Высота отстойника:

$$H = w_{\text{ч}} \cdot t_{\text{ч}}$$

Данные для расчета:

Параметры	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход суспензии $G_{сус}$, кг/ч	9500	9400	9560	9700	9290	9540	9600	9700	9570
Содержание твердых частиц в суспензии x_0	0,15	0,2	0,3	0,12	0,14	0,16	0,19	0,17	0,125
Содержание твердых частиц в остатке $x_{ос}$	0,5	0,6	0,45	0,51	0,52	0,48	0,47	0,46	0,48
Содержание твердых частиц на выходе x	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,0004	0,0008	0,0007
Минимальный размер осаждаемых частиц $dч$	26	27	24	23	28	29	30	21	23
Плотность частиц $\rho ч$	2550	2600	2700	2800	2900	2400	2300	2200	2100
Температура осаждения	6	7	4	5	4	6	7	8	9
Вязкость воды при t μ_c	$1,518 \cdot 10^{-3}$	$1,517 \cdot 10^{-3}$	$1,516 \cdot 10^{-3}$	$1,518 \cdot 10^{-3}$	$1,519 \cdot 10^{-3}$	$1,520 \cdot 10^{-3}$	$1,521 \cdot 10^{-3}$	$1,522 \cdot 10^{-3}$	$1,523 \cdot 10^{-3}$
Плотность воды ρ_c , кг/м ³	1000								

Задача № 8.

Определить значение коэффициента теплоотдачи от внутренней поверхности вертикальных труб диаметром 21 мм к кипящему при атмосферном давлении толуолу. Температура внутренней стенки трубы $t_w=128^0C$.

Решение:

Температура кипения толуола $t_s = 110,6^0C$. Коэффициент теплоотдачи от внутренней стенки труб к кипящему толуолу определяется по формуле:

$$A = \frac{b(\lambda^2 \rho_{ж})^{1/3}}{(\mu \sigma T_s)} * g^{2/3} = b^3 * \frac{\lambda^2 * \Delta t^2}{\nu \sigma T_s}$$

$$A = \frac{0,093^3 * 0,116^2 * 777}{0,251 * 10^{-3} * 18,35 * 10^{-3} * (273 + 110,6)} * (128 - 110,6)^2 = 1430 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Здесь теплофизические свойства жидкого толуола при $T_s = 110,6^0C$, плотность $\rho = 777 \text{ кг/м}^3$, теплопроводность $\lambda = 0,116 \text{ Вт/мК}$, динамическая вязкость $\mu = 0,251 * 10^{-3} \text{ Пас}$, поверхностное натяжение $\sigma = 18,35 * 10^{-3} \text{ н/м}$.

Значение коэффициента b определено:

$$B=0,075+0,75 \cdot (2,9)^{2/3} = 0,093,$$

где плотность паров толуола вычислена по уравнению (777-2,9) состояния идеального газа: 92,1 кг/кмоль – молярная масса толуола.

$$p_{\text{п}} = \frac{92,1 \cdot 273}{22,4 \cdot (273+110,6)} = 2,9 \text{ кг/м}^3$$

Данные для расчета:

Параметры	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диаметр вертикальных труб, мм	22	21	23	24	28	26	23	26	25
Температура внутренней стенки трубы t_w	127	128	129	124	125	126	123	125	128
Температура внутренней стенки трубы t_w	115	116	112	110	114	116	120	121	122
Плотность ρ	857	798	776	958	756	763	774	765	780
Теплопроводность λ	0,117	0,115	0,119	0,116	0,158	0,136	0,119	0,125	0,31
Динамическая вязкость μ , Пас	$0,251 \cdot 10^{-3}$	$0,250 \cdot 10^{-3}$	$0,252 \cdot 10^{-3}$	$0,251 \cdot 10^{-3}$	$0,256 \cdot 10^{-3}$	$0,251 \cdot 10^{-3}$	$0,248 \cdot 10^{-3}$	$0,251 \cdot 10^{-3}$	$0,256 \cdot 10^{-3}$
Поверхностное натяжение α	$18,36 \cdot 10^{-3}$	$18,34 \cdot 10^{-3}$	$18,35 \cdot 10^{-3}$	$18,31 \cdot 10^{-3}$	$18,32 \cdot 10^{-3}$	$18,37 \cdot 10^{-3}$	$18,38 \cdot 10^{-3}$	$18,39 \cdot 10^{-3}$	$18,33 \cdot 10^{-3}$
Молярная масса	92,5	92,6	92,8	93,1	97,5	94,8	98,9	93,6	95,6

Задача № 9.

Определить расход получаемого жидкого воздуха и затраты мощности при переработке 200 кг/ч сжимаемого до 200 кгс/см² воздуха по простому регенеративному циклу Линде. Температура изотермического сжатия воздуха равна 25 °С. Дросселирование происходит с 200 кгс/см² до атмосферного давления (1 кгс/см²). Потери холода в окружающую среду 10,7 кДж/м³ воздуха (при нормальных условиях).

Решение:

Удельная холодопроизводительность цикла Линде находится по формуле:

$$G_0 = i_1 - i_2 = 510 - 476 = 34 \text{ кДж/кг, где}$$

Удельные энтальпии $i_1 = 510$ и $i_2 = 476$ кДж/кг при $t = 25$ °С и $p_1 = 1,0$ и $p_2 = 200$ кгс/см²

Удельная потеря теплоты в окружающую среду

$G_{\text{пот}} = 10,7 / 1,29 = 8,31$ кДж/кг, где 1,29 кг/м³ – плотность воздуха при нормальных условиях.

Ожижающаяся доля воздуха определяется по формуле:

$$X = \frac{g_0 - g_{\text{пот}}}{I_1 - i_0} = \frac{(i_1 - i_2) - g_{\text{пот}}}{I_1 - i_0}$$

$$X = \frac{(510-476) - 8.31}{510-92} = 0.064$$

где $i_0 = 92$ кДж/кг – энтальпия сжиженного воздуха при атмосферном давлении.

Расход сжимаемого воздуха

$$G_{\text{ж}} = 200 * 0,064 = 12,8 \text{ кг/ч.}$$

Затрачиваемая мощность на компрессию воздуха определяется по формуле изотермического сжатия:

$$N = 1.69 * G_{\text{в}} T \text{Ln } P_2/P_1 = 1.69 * 200 * \frac{273+25}{3600} * \text{Ln} 200/1.0 = 42.5 \text{ кВт.}$$

Удельный расход энергии на 1 кг получаемого жидкого воздуха

$$N_{\text{уд}} = N/G_{\text{ж}} = 42,5/12,8 = 3,32 \text{ кВт*ч/кг.}$$

Данные для расчета:

Параметры	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход перерабатываемого воздуха, кг/ч	210	220	250	230	280	270	210	260	240
Температура изотермического сжатия воздуха	26	27	24	25	28	29	21	22	26
Потери холода в окружающую среду кДж/м ³	10,5	10,4	10,8	10,9	10,6	10,7	10,1	10,0	10,7
Удельная энтальпия воздуха I_1	510	511	521	512	514	513	516	517	518
Удельная энтальпия воздуха I_2	476	478	477	472	471	473	478	479	480
Плотность воздуха кг/м ³	1,29	1,28	1,27	1,23	1,26	1,29	1,31	1,32	1,28
Энтальпия сжиженного воздуха при атм.	92	93	94	95	96	89	98	95	99
Плотность P_2	200	210	220	215	216	217	222	221	218

Задача № 10.

Рассчитать мощность привода реактора-котла с рамной мешалкой.

Исходные данные. Плотность реакционной смеси $\rho = 900$ кг/м³; $\mu = 20$ Па*с; $n = 0.834$ об/с; диаметр мешалки $d_m = 0,9$ м; диаметр аппарата $D = 1,0$ м; высота мешалки $H_1 = 0,85$ м.

Вычислим значение центробежного критерия Рейнольдса:

$$Re_{\text{цб}} = \frac{\rho n d_m^2}{\mu} = \frac{960 * 0,834 * 0,9^2}{20} = 32,43$$

Так как $Re_{\text{цб}} < 100$, режим ламинарный. Для ламинарного режима

мощность определяем по формуле:

$$N = C \mu n^2 d_M^3$$

Для рамной мешалки находим по формуле:

$$C = \frac{\pi^2}{2} (Z_L * K_2 * \frac{H_1}{d_M} (1 - \frac{b_L}{d_M})^2 + 3,5 Z_0 (1 - 2 \frac{b_L}{d_M})^3),$$

где $Z_0=2$ – число горизонтальных штанг;
 $Z_L=2$ – число лопастей.

При

$$\frac{\delta}{b_L} = \frac{D - d_M}{2b_L} = \frac{1000 - 900}{2 * 60} = 0.83$$

где $b_L=60$ мм – ширина лопасти;
 $K_2=22$ – и определяем

$$C = \frac{3,14^2}{2} (2 * 22 * 850 / 900 * (1 - 60 / 900)^2 + 3,5 * 2 * (1 - 2 * 60 / 900)^3) = 201$$

Тогда

$$N = 201 * 20 * 0,834^2 * 0,9^3 = 2038 \text{ Вт} = 2,0 \text{ кВт}$$

Находим расчетное значение мощности привода по формуле:

$$N_{\text{рас}} = \frac{N}{\eta_{\text{пр}} \eta_{\text{упл}}} = \frac{2,0}{0,9 * 0,92} = 2,42 \text{ кВт}$$

Выбираем двигатель-редуктор типа МПО-2 с параметрами:

$N = 3$ кВт, $n_{\text{вых}} = 50$ об/мин (Таблица 5.4 И.И. Поникаров «Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки»)

Данные для расчета:

Параметры	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плотность реакционной смеси кг/м ³	900	920	910	980	970	960	950	940	930
Динамическая вязкость, μ , Па*с	20	21	22	20,5	23	24	25	26	27
Число оборотов в секунду, n	0,835	0,840	0,850	0,810	0,820	0,830	0,870	0,800	0,860
Диаметр d_M мешалки	0,9	0,10	0,8	0,7	0,85	0,95	0,89	0,75	0,84
Диаметр аппарата D	1.0	1.5	2.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	2.5
Высота мешалки H_1	0,85	0,90	0,84	0,86	0,88	0,87	0,82	0,83	0,95
Ширина лопасти b_L , мм	60	65	64	63	62	70	75	55	72
Расстояние K_2	22	23	20,5	24	25	20,7	20,8	21	26

2.5 Перечень экзаменационных вопросов и практических заданий

1. Вопросы теории:

1. Что такое гидравлика? Основные понятия и определения.
2. Расход жидкости и средняя скорость.
3. Гидростатическое, абсолютное и избыточное давление и их свойства?
4. Уравнение Эйлера.
5. Равновесие жидкости в поле силы тяжести. Поверхность уровня?
6. Измерение давления. Закон Паскаля. Приборы для измерения.
7. Основные понятия гидродинамики жидкости.
8. Уравнение Бернулли.
9. Общие сведения о нагнетателях. Классификация насосов.
10. Компрессоры. Типы. Принцип действия.
11. Разделение неоднородных систем. Виды систем. Методы разделения.
12. Перемешивание жидких материалов. Способы перемешивания?
13. Характеристика процесса теплообмена. Основные характеристики.
14. Теплопроводность. Закон Фурье.
15. Конвективный теплообмен (теплоотдача). Закон Ньютона-Рихмана.
16. Тепловое излучение. Характеристика. Законы теплового излучения?
17. Нагревание и охлаждение. Способы. Охлаждающие агенты?
18. Теплообменные аппараты. Характеристика. Классификация. Устройство.
19. Теплообменные устройства для утилизации сбросной теплоты.
20. Выпаривание. Характеристика процесса. Растворы и их свойства.
21. Устройство выпарных аппаратов?
22. Печи. Виды. Классификация?
23. Основные расчетные соотношения для расчета печей?
24. Механизм массообмена? Характеристика массообменных процессов.
25. Когда применяют процесс адсорбции?
26. Чем отличаются цеолиты от других адсорбентов?
27. Процесс перегонки. На чем основан. Для чего применяют?
28. Процесс абсорбции. Основное оборудование?
29. Какие типы сепараторов Вы знаете? Принципиальное устройство сепаратора.
30. Процесс жидкостной экстракции.
31. Ионный обмен.
32. Процесс сушки?
34. Краткая характеристика процессов переработки нефти и газа на нефтепромыслах.
35. Законы фазового равновесия. Закон Дальтона.
36. Какие процессы происходят при подготовке нефти на промыслах? Для чего применяют подготовку нефти на промыслах?
37. Механизм массообмена в системах внутри газовой и жидкой фазы.

38. Материальный баланс процессов массообмена?
39. Дистилляция. Виды дистилляции?
40. Ректификация. Виды ректификации.
41. Ректификационные колонны. Устройство. Флегмовое число.
42. Абсорбция и десорбция.
43. Схемы абсорбционных процессов.
44. Устройство и расчет экстракторов.
45. Адсорбция и десорбция. Характеристики адсорбентов.
46. Виды и устройство адсорберов.
47. Выщелачивание. Механизм. Способы выщелачивания?
48. Характеристика и виды сушки?
49. Устройство сушилок.
50. Ионообменные установки и аппараты.
51. Кристаллизация. Общая характеристика?
52. Что такое процессы разделения?
53. Мембранные процессы? Механизм процесса.
54. Что такое обратный осмос?
55. Химические процессы. Механизм действия?
56. В чем заключаются различия реакторов?
57. Основное оборудование для хранения нефти и нефтепродуктов?
58. Дайте краткую характеристику процессов отстаивания и разделения.
59. Каково влияние качества сырья на процесс ректификации?
60. Как влияют температура и давление на процесс ректификации?
61. Каковы целевое назначение сепараторов?
62. Каковы целевое назначение отстойников?
63. Каковы целевое назначение, разновидности установок первичной подготовки нефти? Какие процессы?
64. Укажите особенности эксплуатации оборудования в зимний период.
65. Каковы целевое назначение электродегидраторов?
66. Приведите принципиальную схему производства бензинов.
67. Дайте краткую характеристику качеству нефти и газа Самотлорского месторождения. Перечислите процессы подготовки нефти и газа на нефтепромыслах.
68. Приведите принципиальную технологическую схему УПН.
69. Потери при хранении нефти. Способы борьбы?
70. Трубопроводы. Основные типы. Расчет.
71. Резервуары. Классификация.
72. Дополнительное оборудование нефтяных резервуаров.
73. Расчет резервуаров.
74. Основное оборудование при первичной подготовке нефти.
75. Эксплуатация печей на установках подготовки нефти.
76. Каковы целевое назначение и важность процессов стабилизации нефти?
77. Условия эффективной работы сепараторов.

78. Условия эффективной работы отстойников.
79. Механический расчет сепаратора.
80. Механический расчет отстойника.
81. Очистные сооружения. Основное оборудование.
82. Разрушение эмульсии. Способы. Основное оборудование.

3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению

Учебная аудитория «Процессы и аппараты» с компьютером, проектором, интерактивной доской.

3.2. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, дополнительной литературы:

1. С.В. Вержичинская, Н.Г. Дигуров, С.А. Синицин «Химия и технология нефти и газа».
2. И.И. Поникаров, С.И. Поникаров, С.В. Рачковский «Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки».
3. П.Г. Романов, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк «Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии».
4. С.А. Ахметов, Т.П. Сериков «Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа».

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий, проектов, исследований.

Результаты обучения (освоения умения, усвоения знаний)	Формы и методы контроля и оцен- ки результатов обучения
<p>В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> читать, выбирать, изображать и описывать технологические схемы; - выполнять материальные и энергетические расчеты технологических показателей химических производств; -определять оптимальные условия проведения химико-технологических процессов; - составлять и делать описание технологических схем химических процессов; - обосновывать целесообразность выбранной технологической схемы и конструкции оборудования; - выполнять расчеты характеристик и параметров конкретного вида оборудования; - обосновывать выбор конструкции оборудования для конкретного производства; - осуществлять подбор стандартного оборудования по каталогам и ГОСТам; - составлять материальный баланс химических процессов; 	<p>Для проверки знаний студентов используются следующие виды контроля:</p> <ul style="list-style-type: none"> -текущий в форме <ul style="list-style-type: none"> - устного и письменного опроса; - тестирования по темам курса, проверки и оценки решения задач; рубежный в форме <ul style="list-style-type: none"> - защиты лабораторных и практических работ; итоговый контроль в форме проверки и оценка контрольной работы; экзамена
<p>В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - классификацию и физико-химические основы процессов; - теоретические основы физических, физико-химических и химических процессов; - характеристики основных процессов технологии: гидромеханических, механических, массообменных, тепловых, химических процессов и аппаратов; - основные понятия и законы физической химии и химической термодинамики; - основные типы, конструктивные особенности и принцип работы технологического оборудования производств; - технологические системы основных химических производств и их аппаратное оформление; - методику расчета материального и теплового балансов процессов и аппаратов; - методы расчета и принципы выбора основного и вспомогательного технологического оборудования; - типичные технологические схемы химических производств и их аппаратное оформление; - принципы выбора аппаратов с различными конструктивными особенностями. 	

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

**Методические указания и контрольные задания
для студентов заочной формы обучения образовательных учреждений
среднего профессионального образования
специальности 240134.51 Переработка нефти и газа**

Методические указания и контрольные задания разработала
преподаватель Стенникова Е.А.

Подписано к печати 05.03.2015 г.
Формат 60x84/16
Тираж

Объем **2** п.л.
Заказ
30 экз.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Югорский государственный университет»
НИЖНЕВАРТОВСКИЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИКУМ (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Югорский государственный университет»
Редакционно-издательский отдел
628615 Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ,
г. Нижневартовск, ул. Мира, 37.**