

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВолгГТУ»)**

Кафедра «Процессы и аппараты химических и пищевых производств»

**Задание и методические указания
по выполнению контрольной работы**
по дисциплине «Технологические процессы в сервисе», часть 1,
для студентов заочной формы обучения бакалавров
по направлению подготовки 43.01.03 «Сервис»
«Сервис в нефтегазовых комплексах»
(все формы обучения)

Преподаватель, к.х.н., доц. Карев В.Н.

Волгоград 2018-2019 учебный год

Оглавление

Введение.....	3
Практическая работа № 1 Режим течения жидкости.	5
Практическая работа № 2 Давление в бензопроводе	9
Практическая работа № 3 Гидравлическое сопротивление трубопровода	12
Практическая работа № 4 Напор насоса.....	16
Практическая работа № 5 Скорость осаждения.....	21
Контрольные вопросы к зачету по дисциплине.....	27
“Технологические процессы в сервисе”	27
Список рекомендуемой литературы	29
Приложение А	30
Оформление титульного листа	30

Введение

Квалифицированному персоналу предприятий сервиса оказывающие сервисные услуги в нефтегазовом комплексе необходимо знать что, системы магистральных нефтепроводов и газопроводов, а также современные нефте- и газоперерабатывающие предприятия представляет собой комплекс мощных насосных и компрессорных установок, линейных участков магистральных трубопроводов, установок первичной переработки нефти и газа, каталитического крекинга, гидроочистки, риформинга, депарафинизации масел, производства битума и других, - оснащены современным оборудованием, поставляемым заводами химического и нефтяного машиностроения. Осуществление столь разнообразных процессов при транспортировке, переработке нефти и газа потребовало применения аппаратуры, работающей в широком интервале изменения рабочих параметров. Так, например, температуры могут составлять от - 60 °С (кристаллизация в производстве масел) до 800+900 °С (пиролиз), а давления - от глубокого вакуума (переработка тяжелых нефтяных остатков) до 150 МПа (производство полиэтилена).

Поэтому содержание дисциплины «Технологические процессы в сервисе» включает в себя следующие разделы: технологические процессы систем и материальных объектов сервиса для индивидуального потребителя; технологию оказания сервисных услуг по изготовлению или восстановлению потребительских свойств систем и материальных объектов сервиса; способы воздействия на исходное сырье материальных объектов и систем сервиса в зависимости от природы действующего начала: механические способы, гидромеханические, тепловые, биохимические, электромагнитные и тому подобные.

Первой части дисциплины будут рассмотрены основные процессы химической технологии – гидродинамические, тепловые, механические, массообменные, химические.

Гидромеханические процессы связаны с обработкой неоднородных систем - жидкостей и газов (паров), содержащих взвешенные в них твердые частицы или капли жидкости. К этим процессам относятся различные виды

отстаивания (в поле силы тяжести, в центробежном поле, в электрическом и магнитном полях), фильтрование, перемешивание, течение газа или жидкости через слой сыпучих материалов и др., а также транспортировка нефти и газа.

Движущей силой гидромеханических процессов является разность давлений или градиент давлений, обусловленные разностью плотностей обрабатываемых материалов или иными причинами. Скорость процесса определяется законами гидродинамики неоднородных систем.

Механические процессы связаны с обработкой твердых материалов. Сюда относятся процессы измельчения, отсева, транспортирования, дозирования, смешивания.

Движущей силой процесса является разность сил, давлений или градиент напряжения (сжатия, сдвига, растяжения). Скорость процесса определяется законами механики твердых тел.

Тепловые процессы связаны с передачей тепла от одного тела к другому. К ним относятся следующие основные процессы: нагревание, охлаждение, испарение, конденсация, плавление, затвердевание (кристаллизация).

Движущей силой тепловых процессов является разность температур или градиент температур, а скорость процесса определяется законами теплопередачи.

Химические процессы связаны с превращением обрабатываемых материалов, целью которого является получение новых соединений. К этому классу процессов относится группа термokatалитических процессов: каталитический крекинг, пиролиз, риформинг, гидроочистка и др.

Движущей силой процесса являются разности концентраций реагирующих веществ. Скорость процесса определяется законами химической кинетики.

Контрольная работа состоит из шести практических работ.

Практическая работа № 1 Режим течения жидкости.

Задание: В соответствии с заданным вариантом (табл. 1) определить режим течения жидкости в трубопроводе.

Таблица 1 - Исходные данные (номер варианта по списку группы)

Номер варианта	Наружный диаметр, D , мм	Толщина стенки, мм	Расход жидкости, Q , м ³ /с
1	14	2,0	$1,0 \cdot 10^{-3}$
2	14	2,0	$1,2 \cdot 10^{-3}$
3	16	2,0	$1,4 \cdot 10^{-3}$
4	16	2,0	$1,6 \cdot 10^{-3}$
5	18	2,0	$1,8 \cdot 10^{-3}$
6	18	2,0	$2,0 \cdot 10^{-3}$
7	20	2,5	$2,2 \cdot 10^{-3}$
8	20	2,5	$2,4 \cdot 10^{-3}$
9	22	2,5	$2,6 \cdot 10^{-3}$
10	22	2,5	$2,8 \cdot 10^{-3}$
11	25	2,5	$3,0 \cdot 10^{-3}$
12	25	3,0	$3,2 \cdot 10^{-3}$
13	32	3,0	$3,4 \cdot 10^{-3}$
14	32	3,0	$3,6 \cdot 10^{-3}$
15	38	3,0	$3,8 \cdot 10^{-3}$
16	38	3,0	$4,0 \cdot 10^{-3}$
17	45	3,5	$4,2 \cdot 10^{-3}$
18	45	3,5	$4,4 \cdot 10^{-3}$
19	48	3,5	$4,6 \cdot 10^{-3}$
20	48	3,5	$4,8 \cdot 10^{-3}$
21	57	3,5	$5,0 \cdot 10^{-3}$
22	57	4,0	$5,2 \cdot 10^{-3}$
23	70	4,0	$5,4 \cdot 10^{-3}$
24	70	4,0	$5,6 \cdot 10^{-3}$
25	76	4,0	$5,8 \cdot 10^{-3}$
26	76	4,0	$6,0 \cdot 10^{-3}$
27	90	4,5	$6,2 \cdot 10^{-3}$

28	90	4,5	$6,4 \cdot 10^{-3}$
29	95	4,5	$6,6 \cdot 10^{-3}$
30	95	4,5	$6,8 \cdot 10^{-3}$
31	95	4,5	$7,0 \cdot 10^{-3}$
32	95	4,5	$7,2 \cdot 10^{-3}$
33	95	4,5	$7,4 \cdot 10^{-3}$
34	95	4,5	$7,6 \cdot 10^{-3}$
35	100	3,5	$7,8 \cdot 10^{-3}$
36	100	3,5	$8,0 \cdot 10^{-3}$
37	100	3,5	$8,2 \cdot 10^{-3}$
38	100	4	$8,4 \cdot 10^{-3}$
39	100	4	$8,6 \cdot 10^{-3}$
40	100	4	$8,8 \cdot 10^{-3}$
<p>Для всех вариантов: 1) динамический коэффициент вязкости жидкости</p> $\mu = 1,005 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с};$ <p>2) плотность жидкости $\rho = 998 \text{ кг/м}^3$.</p>			

Движение, при котором все частицы жидкости движутся по параллельным траекториям, называют струйчатым или ламинарным.

Неупорядоченное движение частиц жидкости с интенсивным перемешиванием по сечению потока называют **турбулентным**.

В турбулентном потоке происходят пульсации скоростей, под действием которых частицы жидкости, движущиеся в главном (осевом) направлении, получают также поперечные перемещения, приводящие к интенсивному перемешиванию потока по сечению и требующие соответственно большей затраты энергии на движение жидкости, чем при ламинарном потоке.

Экспериментально установлено, что переход от ламинарного течения к турбулентному зависит от скорости потока w , физических свойств жидкости (вязкости μ и плотности ρ) и определяющего геометрического размера – диаметра трубы d .

Безразмерный комплекс, в который входят перечисленные величины, позволяет по его значению судить о режиме движения жидкости. Этот комплекс называют **числом (критерием) Рейнольдса** и обозначают Re .

Критерий Рейнольдса определяется следующим образом [1]:

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu}, \quad (1)$$

где w – скорость течения жидкости, м/с;

d – внутренний диаметр трубопровода, м;

μ – динамический коэффициент вязкости жидкости, Па·с;

ρ – плотность жидкости, кг/м³.

Критерий Re является мерой соотношения между силами вязкости и инерции в движущемся потоке.

Значение числа Рейнольдса для условий перехода от ламинарного режима движения жидкости к турбулентному называют к р и т и ч е с к и м. При движении жидкостей по прямым гладким трубам $Re_{кр} = 2300$. При $Re < 2300$ режим движения жидкости будет ламинарным, а при $Re > 2300$ – турбулентным. Однако при $2300 < Re < 10\,000$ режим движения жидкости неустойчив – движение может быть и ламинарным, и турбулентным. Эту область значений Re называют переходной. Считают, что устойчивый (развитой) турбулентный режим при движении жидкостей по прямым гладким трубам устанавливается при $Re > 10\,000$.

В случае, если поток испытывает возмущения (шероховатые стенки трубы, сужение или расширение потока и др.), критическое значение $Re_{кр}$ может существенно снижаться. В этих случаях значения $Re_{кр}$ определяют экспериментально.

Скорость течения жидкости w , м/с, можно определить следующим образом.

Объемный расход жидкости Q , м³/с, равен

$$Q = w \cdot S, \quad (2)$$

где S – площадь поперечного сечения трубопровода, м².

Откуда

$$w = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi d^2}, \quad (3)$$

где d – внутренний диаметр трубопровода, м.

В случае, если жидкость движется по каналу сложной конфигурации, при расчете Re вместо d используют эквивалентный диаметр $d_{\text{э}}$, определяемый соотношением:

$$d_{\text{э}} = \frac{4S}{\Pi}, \quad (4)$$

где S – площадь сечения канала, м²;

Π – смоченный периметр, м.

Для круглой трубы $d_{\text{э}} = d$.

Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

- 1) титульный лист (приложение);
- 2) задание с исходными данными;
- 3) расчет;
- 4) выводы.

Практическая работа № 2 Давление в бензопроводе

Задание: На трубопроводе с внутренним диаметром d_1 , по которому перекачивается бензин плотностью $\rho = 760 \text{ кг/м}^3$ с расходом Q и давлением p_1 , имеется плавный переход на диаметр d_2 (рис. 1). В соответствии с заданным вариантом (табл. 1) определить давление p_2 продукта в сечении трубопровода диаметром d_2 .

Таблица 1 - Исходные данные (номер варианта по списку группы)

Номер варианта	Расход бензина, $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Диаметр $d_1, \text{ мм}$	Диаметр $d_2, \text{ мм}$	Давление $p_1, \times 10^5 \text{ Па}$
1	0,010	200	100	2,5
2	0,012	220	110	2,6
3	0,014	240	120	2,7
4	0,016	260	130	2,8
5	0,018	280	140	2,9
6	0,020	200	100	3,0
7	0,022	220	110	3,1
8	0,024	240	120	3,2
9	0,026	260	130	3,3
10	0,028	280	140	3,4
11	0,030	200	100	3,5
12	0,032	220	110	3,6
13	0,034	240	120	3,7
14	0,036	260	130	3,8
15	0,038	280	140	3,9
16	0,040	200	100	4,0
17	0,042	220	110	4,1
18	0,044	240	120	4,2
19	0,046	260	130	4,3
20	0,048	280	140	4,4
21	0,050	200	100	4,5
22	0,052	220	110	4,6
23	0,054	240	120	4,7
24	0,056	260	130	4,8
25	0,058	280	140	4,9
26	0,010	200	100	2,5
27	0,012	220	110	2,6
28	0,014	240	120	2,7
29	0,016	260	130	2,8
30	0,018	280	140	2,9

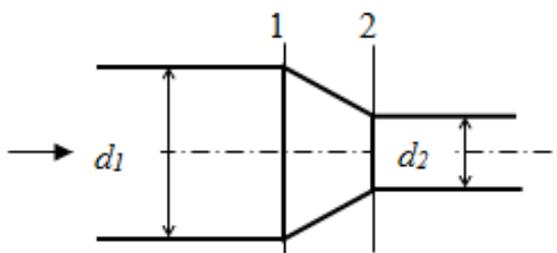


Рисунок 1 - Схема трубопровода

Составим уравнение Бернулли для сечений 1 и 2

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g},$$

(1)

откуда

$$p_2 = p_1 - \frac{(w_2^2 - w_1^2)\rho}{2},$$

(2)

где p_1 – давление в сечении 1, Па;

p_2 – давление в сечении 2, Па;

w_1 – скорость течения бензина в сечении 1, м/с;

w_2 – скорость течения бензина в сечении 2, м/с;

ρ – плотность бензина, кг/м³.

Расход Q , м³/с, равен

$$Q = w \cdot S,$$

(3)

откуда определим скорость течения бензина w :

$$w = Q/S,$$

(4)

где S – площадь сечения трубопровода, м².

$$w_1 = \frac{Q}{S_1} = \frac{4Q}{\pi d_1^2};$$

(5)

$$w_2 = \frac{Q}{S_2} = \frac{4Q}{\pi d_2^2},$$

(6)

где d_1, d_2 – диаметры трубопровода в сечениях 1, 2 м.

Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

- 1) титульный лист (приложение);
- 2) задание с исходными данными;
- 3) схему трубопровода;
- 4) расчет;
- 5) выводы.

Практическая работа № 3 Гидравлическое сопротивление трубопровода

Задание: В соответствии с заданным вариантом (табл. 1) определить гидравлическое сопротивление трубопровода для перекачки бензина.

Таблица 1 - Исходные данные (номер варианта по списку группы)

Но-мер варианта	Расход бензина Q , м ³ /с	Длина трубопровода, l , м	Внутренний диаметр трубы, d , мм	
1	0,0024	10	12	<p>Для всех вариантов:</p> <p>1) Труба круглого сечения, стальная, бывшая в эксплуатации, с незначительной коррозией.</p> <p>2) Трубопровод имеет два колена с углом 90°, один вентиль и одну задвижку.</p> <p>3) Плотность бензина - $\rho = 760 \text{ кг/м}^3$.</p> <p>4) Динамический коэффициент вязкости бензина $\mu = 0,586 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$.</p>
2	0,0024	20	14	
3	0,0024	30	16	
4	0,0024	40	18	
5	0,0024	50	20	
6	0,0055	10	26	
7	0,0055	20	34	
8	0,0055	30	38	
9	0,0055	40	42	
10	0,0055	50	52	
11	0,0125	10	64	
12	0,0125	20	68	
13	0,0125	30	82	
14	0,0125	40	85	
15	0,0125	50	100	
16	0,025	10	125	
17	0,025	20	150	
18	0,025	30	182	
19	0,025	40	82	
20	0,025	50	85	
21	0,045	10	100	
22	0,045	20	125	
23	0,045	30	150	
24	0,045	40	182	
25	0,045	50	82	
26	0,080	10	85	
27	0,080	20	100	
28	0,080	30	125	
29	0,080	40	150	
30	0,080	50	182	

Потери напора h_n , м, на преодоление сопротивления трения и местных сопротивлений в трубопроводах определяются по формуле:

$$h_n = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{w^2}{2g}, \quad (1)$$

где w – скорость течения жидкости, м/с;

λ – коэффициент трения;

l – длина трубопровода, м;

d – диаметр трубопровода, м;

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n. \quad (2)$$

Скорость течения жидкости ω можно определить следующим образом

$$\omega = \frac{4Q}{\pi d^2}, \quad (3)$$

где Q – расход жидкости, м³/с.

Формулы для расчета коэффициента трения λ зависят от режима течения жидкости.

При ламинарном режиме

$$\lambda = \frac{A}{Re}, \quad (4)$$

где Re – критерий Рейнольдса;

A – коэффициент, зависящий от формы сечения трубопровода,
для трубопровода круглого сечения $A = 64$.

Критерий Рейнольдса определяется по формуле

$$Re = \frac{\omega d \rho}{\mu}, \quad (5)$$

где μ – динамическая вязкость, Па·с.

В турбулентном потоке различают три зоны, для которых коэффициент λ рассчитывают по разным формулам:

- для зоны гладкого трения ($2320 < Re < 10/e$)

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}; \quad (6)$$

- для зоны смешанного трения ($10/e < Re < 560/e$)

$$\lambda = 0,11 \left(e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}; \quad (7)$$

- для зоны, автомодельной по отношению к Re ($Re > 560/e$)

$$\lambda = 0,11 e^{0,25}. \quad (8)$$

В формулах (6)-(8):

- $e = \Delta / d$ – относительная шероховатость трубы;
- Δ – абсолютная шероховатость трубы (средняя высота выступов на поверхности трубы).

Ориентировочные значения абсолютной шероховатости труб Δ следующие:

Трубы	Δ , мм
Стальные новые	0,06 – 0,1
Стальные, бывшие в эксплуатации, с незначительной коррозией	0,1 – 0,2
Стальные старые, загрязненные	0,5 – 2

Значения коэффициентов местных сопротивлений ξ в общем случае зависят от вида местного сопротивления и режима движения жидкости.

Наиболее распространенные виды местных сопротивлений и соответствующие значения коэффициентов ξ :

а) вход в трубу:

1) с острыми краями - $\xi = 0,5$;

2) с закругленными краями - $\xi = 0,2$.

б) выход из трубы - $\xi = 1$;

в) колено с углом 90° (угольник):

d трубы, мм	12,5	25	37	50	> 50
ξ	2,2	2	1,6	1,1	1,1

г) вентиль нормальный при полном открытии:

d трубы, мм	20	40	80	100	150	200	250	350
ξ	8,0	4,9	4,0	4,1	4,4	4,7	5,1	5,5

д) задвижка:

d трубы, мм	15 - 100	175 – 200	300 и выше
ξ	0,5	0,25	0,15

Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

- 1) титульный лист (приложение);
- 2) задание с исходными данными;
- 3) расчет;
- 4) выводы.

Практическая работа № 4 Напор насоса

Задание: В соответствии с заданным вариантом (табл. 1) определить напор насоса при перекачивании бензина из открытой емкости ($p_1=0$) в емкость, находящуюся под избыточным давлением $p_2 = 0,2 \times 10^5$ Па (рис. 1).

Таблица 1 - Исходные данные (номер варианта по списку группы)

Но- мер вари- анта	Расход бензина $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Внутренний диаметр трубопровода $d, \text{ мм}$	Геометрическая высота подъема бензина $H_2, \text{ м}$	Длина трубо- провода на линии всасы- вания $l_1, \text{ м}$	Длина трубо- провода на линии нагне- тания $l_2, \text{ м}$
1	0,0024	38	5	2	10
2	0, 0024	38	10	4	20
3	0, 0024	38	15	6	30
4	0, 0024	38	20	8	40
5	0, 0024	38	25	10	50
6	0, 0055	52	5	2	10
7	0, 0055	52	10	4	20
8	0, 0055	52	15	6	30
9	0, 0055	52	20	8	40
10	0, 0055	52	25	10	50
11	0, 0125	100	5	2	10
12	0, 0125	100	10	4	20
13	0, 0125	100	15	6	30
14	0, 0125	100	20	8	40
15	0, 0125	100	25	10	50
16	0,025	120	5	2	10
17	0,025	120	10	4	20
18	0,025	120	15	6	30
19	0,025	120	20	8	40
20	0,025	120	25	10	50
21	0,045	150	5	2	10

22	0,045	150	10	4	20
23	0,045	150	15	6	30
24	0,045	150	20	8	40
25	0,045	150	25	10	50
26	0,080	182	5	2	10
27	0,080	182	10	4	20
28	0,080	182	15	6	30
29	0,080	182	20	8	40
30	0,080	182	25	10	50

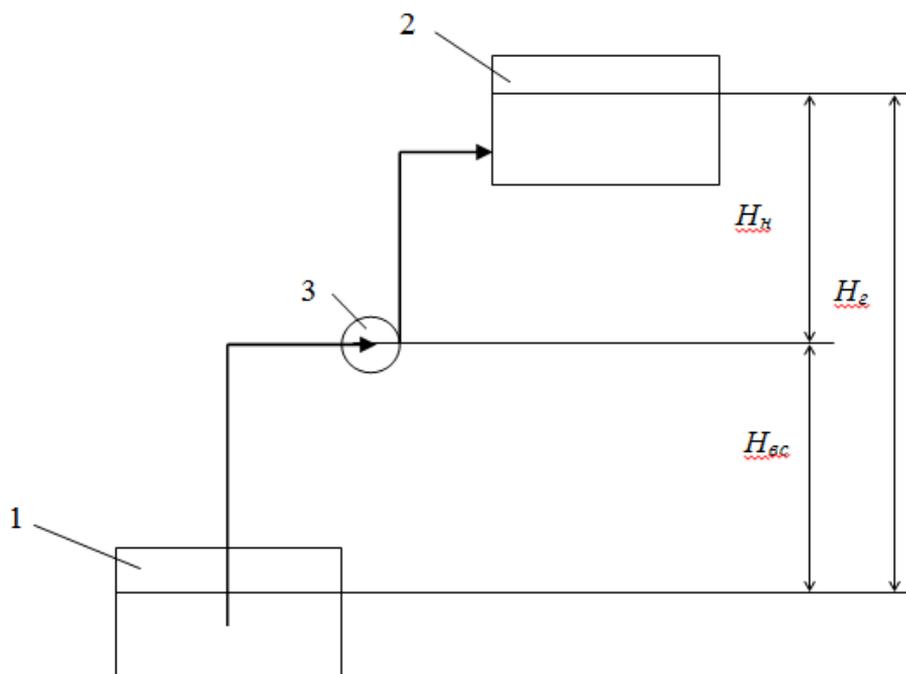
Для всех вариантов: 1) трубы стальные старые, загрязненные;

2) на линии всасывания имеется 1 колено с углом 90° и 1 вентиль;

3) на линии нагнетания - 2 колена с углом 90° и 1 вентиль;

4) плотность бензина $\rho = 760 \text{ кг/м}^3$;

5) динамический коэффициент вязкости бензина $\mu = 0,586 \times 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$.



1 - приемная емкость; 2 - напорная емкость; 3 - насос

Рисунок 1 - Схема перекачивания бензина

Полный напор насоса H можно определить из уравнения:

$$H = H_2 + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + h_n, \quad (1)$$

где H_2 – геометрическая высота подачи жидкости;

p_2 – давление в напорной емкости;

p_1 – давление в приемной емкости;

h_n – суммарные потери напора на преодоление сопротивления трубопровода;

ρ – плотность жидкости.

Геометрическая высота H_2 подъема жидкости складывается из высоты всасывания $H_{вс}$ и высоты нагнетания H_n :

$$H_2 = H_{вс} + H_n. \quad (2)$$

Общие потери напора h_n определяются суммой потерь напора во всасывающем и нагнетательном трубопроводах $h_{н.вс}$ и $h_{н.н}$:

$$h_n = h_{н.вс} + h_{н.н}. \quad (3)$$

Потери напора h_n , м, на преодоление сопротивления трения и местных сопротивлений в трубопроводах определяются по формуле:

$$h_n = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{w^2}{2g}, \quad (4)$$

где w – скорость течения жидкости, м/с;

λ – коэффициент трения;

l – длина трубопровода, м;

d – диаметр трубопровода, м;

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n. \quad (5)$$

Скорость течения жидкости ω , м/с, можно определить следующим образом

$$\omega = \frac{4Q}{\pi d^2}, \quad (6)$$

где Q – расход жидкости, м³/с.

Формулы для расчета коэффициента трения λ зависят от режима течения жидкости.

При ламинарном режиме

$$\lambda = \frac{A}{Re}, \quad (7)$$

где Re – критерий Рейнольдса;

A – коэффициент, зависящий от формы сечения трубопровода, для трубопровода круглого сечения $A = 64$.

Критерий Рейнольдса определяется по формуле

$$Re = \frac{\omega d \rho}{\mu}, \quad (8)$$

где μ – динамическая вязкость, Па·с.

В турбулентном потоке различают три зоны, для которых коэффициент λ рассчитывают по разным формулам:

- для зоны гладкого трения ($2320 < Re < 10/e$)

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}; \quad (9)$$

- для зоны смешанного трения ($10/e < Re < 560/e$)

$$\lambda = 0,11 \left(e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}; \quad (10)$$

- для зоны, автомодельной по отношению к Re ($Re > 560/e$)

$$\lambda = 0,11 e^{0,25}. \quad (11)$$

В формулах (8)-(10) $e = \Delta/d$ - относительная шероховатость трубы;

Δ - абсолютная шероховатость трубы (средняя высота выступов на поверхности трубы).

Ориентировочные значения абсолютной шероховатости труб Δ следующие:

<i>Трубы</i>	Δ , мм
Стальные новые	0,06 – 0,1
Стальные, бывшие в эксплуатации, с незначительной коррозией	0,1 – 0,2
Стальные старые, загрязненные	0,5 – 2

Значения коэффициентов местных сопротивлений ξ в общем случае зависят от вида местного сопротивления и режима движения жидкости.

Наиболее распространенные виды местных сопротивлений и соответствующие значения коэффициентов ξ :

а) вход в трубу:

- 1) с острыми краями - $\xi = 0,5$;
- 2) с закругленными краями - $\xi = 0,2$.

б) выход из трубы - $\xi = 1$;

в) колено с углом 90° (угольник):

d трубы, мм	12,5	25	37	50	> 50
ξ	2,2	2	1,6	1,1	1,1

г) вентиль нормальный при полном открытии:

d трубы, мм	20	40	80	100	150	200	250	350
ξ	8,0	4,9	4,0	4,1	4,4	4,7	5,1	5,5

д) задвижка:

d трубы, мм	15 - 100	175 – 200	300 и выше
ξ	0,5	0,25	0,15

Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

- 1) титульный лист (приложение);
- 2) задание с исходными данными;
- 3) схему перекачивания бензина;
- 3) расчет напора;
- 4) выводы.

Практическая работа № 5 Скорость осаждения

Задание: В соответствии с заданным вариантом (табл. 1) рассчитать скорость осаждения ω_{oc} твердых частиц в жидкой среде.

Таблица 1 - Исходные данные (номер варианта по списку группы)

Номер варианта	Расход жидкости Q , м ³ /ч	Плотность частиц ρ_m , кг/м ³	Диаметр частиц d , мкм
1	400	2200	15
2	500	2200	20
3	600	2200	25
4	700	2200	30
5	800	2200	35
6	900	2650	15
7	1000	2650	20
8	1100	2650	25
9	1200	2650	30
10	1300	2650	35
11	1400	1500	15
12	1500	1500	20
13	1600	1500	25
14	1700	1500	30
15	1800	1500	35
16	1900	1350	15
17	2000	1350	20
18	2100	1350	25
19	2200	1350	30
20	2300	1350	35
21	2400	2900	15
22	2500	2900	20
23	2600	2900	25
24	2700	2900	30
25	2800	2900	35
26	2900	2650	15

27	3000	2650	20
28	3100	2650	25
29	3200	2650	30
30	3300	2650	35
<p>Для всех вариантов: 1) плотность жидкости $\rho_{ж} = 992 \text{ кг/м}^3$;</p> <p>2) вязкость жидкости $\mu_{ж} = 0,656 \times 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$.</p>			

Скорость свободного осаждения $\omega_{ос}$, м/с, шарообразных частиц рассчитывают по формуле

$$\omega_{ос} = \frac{\mu_{ж} Re}{d\rho_{ж}}, \quad (1)$$

где Re – критерий Рейнольдса;

d – диаметр шарообразной частицы, м (см. табл.);

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м^3 (см. табл.);

$\mu_{ж}$ – вязкость жидкости, $\text{Па}\cdot\text{с}$ (см. табл.).

Значение Re рассчитывают по формулам, зависящим от режима осаждения, что определяется с помощью критерия Архимеда:

$$Ar = \frac{gd^3(\rho_{т} - \rho_{ж})\rho_{ж}}{\mu_{ж}^2}, \quad (2)$$

где $\rho_{т}$ - плотность частиц, кг/м^3 (см. табл.).

$$\text{При } Ar < 36 \quad Re = Ar/18; \quad (3)$$

$$\text{при } 36 < Ar < 83000 \quad Re = 0,152 Ar^{0,714}; \quad (4)$$

$$\text{при } Ar > 83000 \quad Re = 1,74 \sqrt{Ar}. \quad (5)$$

При ориентировочных расчетах, учитывая приближенно отличие реальных условий осаждения от теоретических (стесненность осаждения, форма частиц, движение среды) определяют среднюю расчетную скорость осаждения $\omega'_{ос}$:

$$\omega'_{ос} = 0,5\omega_{ос}. \quad (6)$$

Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

- 1) титульный лист (приложение);
- 2) задание с исходными данными;
- 3) расчет;
- 4) выводы.

Практическая работа № 6 Теплопередача через стенку

Задание: В соответствии с заданным вариантом (табл. 1) определить температуры внутренней t_2 и наружной t_3 поверхностей стальной стенки теплообменника, а также температуру t_4 наружной поверхности изоляции, которой покрыт аппарат (рис. 1).

Таблица 1 - Исходные данные (номер варианта по списку группы)

Номер варианта	Температура жидкости в теплообменнике, $t_1, ^\circ C$	Температура наружного воздуха, $t_2, ^\circ C$	Толщина стенки, $\delta_{ст}, мм$	Толщина изоляции, $\delta_{из}, мм$
1	70	15	2	20
2	70	15	3	30
3	70	15	4	40
4	70	15	5	50
5	70	15	6	60
6	75	15	2	20
7	75	15	3	30
8	75	15	4	40
9	75	15	5	50
10	75	15	6	60
11	80	20	2	20
12	80	20	3	30
13	80	20	4	40
14	80	20	5	50
15	80	20	6	60
16	85	20	2	20
17	85	20	3	30
18	85	20	4	40
19	85	20	5	50
20	85	20	6	60
21	90	25	2	20
22	90	25	3	30

23	90	25	4	40
24	90	25	5	50
25	90	25	6	60
26	95	25	2	20
27	95	25	3	30
28	95	25	4	40
29	95	25	5	50
30	95	25	6	60

Для всех вариантов:

- 1) коэффициент теплоотдачи от жидкости к стенке аппарата $\alpha_1 = 232 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- 2) коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к воздуху $\alpha_2 = 10,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- 3) коэффициент теплопроводности изоляции $\lambda_{из} = 0,12 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- 4) коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{ст} = 46,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

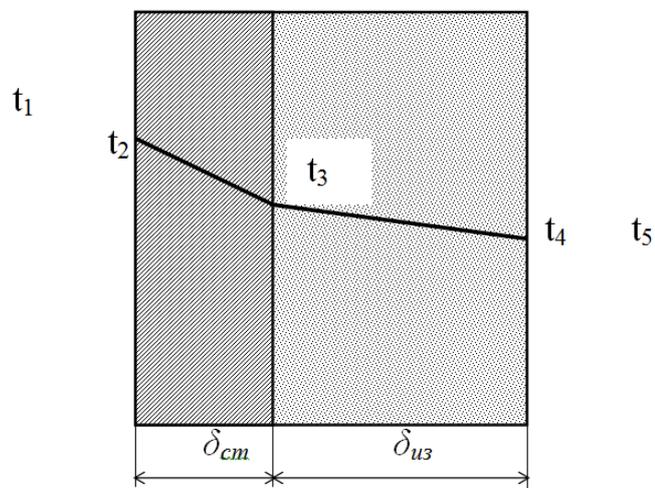


Рисунок 1 - Схема стенки теплообменника

Определим коэффициент теплопередачи K :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (1)$$

Удельный тепловой поток q равен:

$$q = K (t_1 - t_5) \quad (2)$$

Температуры t_2 , t_3 и t_4 можно определить из соотношения:

$$q = \alpha_1 (t_1 - t_2) = \frac{\lambda_{cm}}{\delta_{cm}} (t_2 - t_3) = \alpha_2 (t_4 - t_5) \quad (3)$$

Температура внутренней поверхности стенки t_2 аппарата равна:

$$t_2 = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} \quad (4)$$

Температура наружной поверхности стенки t_3 аппарата равна:

$$t_3 = t_2 - q \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} \quad (5)$$

Температура наружной поверхности изоляции t_4 аппарата равна:

$$t_4 = \frac{q}{\alpha_2} + t_5 \quad (6)$$

Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

- 1) титульный лист (см. приложение);
- 2) задание с исходными данными;
- 3) схему стенки теплообменника;
- 3) расчет теплопередачи;
- 4) выводы.

Контрольные вопросы к зачету по дисциплине “Технологические процессы в сервисе”

Для успешной сдачи зачета Вам в первую очередь необходимо выполнить контрольные работы 1-6, которые приведены отдельными файлами!

1. Цель и задачи дисциплины “Технологические процессы в сервисе”
2. Основные понятия технологических процессов
3. Классификация основных технологических процессов
4. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля
5. Основные характеристики движения жидкостей.
6. Режимы движения жидкости
7. Уравнение неразрывности потока
8. Уравнение Бернулли
9. Гидравлическое сопротивление трубопроводов
10. Основные параметры насосов
11. Напор насоса
12. Процессы сжатия газов
13. Основные параметры компрессорного процесса
14. Характеристика неоднородных систем
15. Методы разделения неоднородных газовых систем (очистка газов)
16. Методы разделения жидких неоднородных систем
17. Способы перемешивания в жидких средах
18. Классификация и общая характеристика тепловых процессов
19. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье
20. Теплопроводность плоской стенки
21. Теплопроводность цилиндрической стенки
22. Тепловое излучение
23. Передача тепла конвекцией. Конвективный теплообмен
24. Теплопередача через плоскую стенку
25. Теплопередача через цилиндрическую стенку
26. Теплопередача при прямотоке теплоносителей
27. Теплопередача при противотоке теплоносителей
28. Способы нагревания
29. Способы охлаждения и конденсации паров
30. Понятие массообменных процессов. Равновесие между фазами
31. Материальный баланс процессов массообмена. Рабочая линия
32. Молекулярная, турбулентная и конвективная диффузия
33. Уравнение массоотдачи

34. Уравнение массопередачи
35. Движущая сила процессов массопередачи
36. Число единиц переноса процесса массопередачи. Высота единиц переноса.
37. Понятие процесса перегонки жидкостей
38. Равновесие в системах жидкость-пар
39. Понятие процесса ректификации
40. Технологическая схема ректификационной установки. Материальный баланс
41. Уравнения рабочих линий ректификационной колонны
42. Понятие процесса абсорбции. Равновесие при абсорбции
43. Материальный баланс абсорбции
44. Технологическая схема абсорбционной установки
45. Понятие процесса адсорбции. Равновесие при адсорбции
46. Массопередача при адсорбции
47. Технологическая схема адсорбционной установки

Список рекомендуемой литературы

- 1. Дытнерский, Ю. И.** Процессы и аппараты химической технологии [Текст] : учеб. для студ. вузов. Ч. 1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М. : Химия, 1995. - 399 с.
- 2. Дытнерский, Ю. И.** Процессы и аппараты химической технологии [Текст] : учеб. для студ. вузов. Ч. 2 : Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М. : Химия, 1995. - 367 с.
- 3. Касаткин, А. Г.** Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] : учеб. для вузов / А. Г. Касаткин. - Изд. 14-е, стер. - М. : Альянс, 2008. - 750 с. - ISBN 978-5-903034-33-8.
- 4. Комиссаров, Ю. А.** Процессы и аппараты химической технологии [Текст] : учеб. пособие / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. - М. : Химия, 2011. - 1229 с. - ISBN 978-5-98109-082-0.
- 5. Основные процессы и аппараты химической технологии** [Текст] : пособие по проектированию / под ред. Ю. И. Дытнерского. - 4-е изд., стер. - М. : Альянс, 2008. - 494 с. - ISBN 978-5-903034-35-2.
- 6. Павлов, К. Ф.** Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст] : учеб. пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ; под ред. П. Г. Романкова. - 10-е изд., перераб. и доп. - Л. : Химия, 1987. - 575 с.
- 7. Плановский, А. Н.** Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии [Текст] : учеб. для вузов / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. - Изд. 3-е, испр. и доп. - М. : Химия, 1987. - 496 с.
- 8. Процессы и аппараты химической промышленности** [Текст] : учеб. для сред. спец. завед. / под общ. ред. П. Г. Романкова. - Л. : Химия, 1989. - 559, [1] с.
- 9. Скобло, А. И.** Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности [Текст] : учебник / А. И. Скобло, И. А. Трегубова, Ю. К. Молоканов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Химия, 1982. - 584 с. –

Приложение А
Оформление титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Процессы и аппараты химических и пищевых производств»

Практическая работа № 5 Скорость осаждения
по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

Выполнил:

студент группы _____

Проверил: _____

Волгоград 200_