

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ивановский государственный химико-технологический университет

Методические указания
для самостоятельной работы студентов по дисциплине
“Процессы и аппараты химической технологии”
(раздел “Тепловые процессы и аппараты”)

Составители: А.С. Кувшинова
А.В. Шибашов
А.Г. Липин

Иваново 2014

Составители: А.С. Кувшинова, А.В. Шибашов, А.Г. Липин

УДК 66.021.1.

Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине “Процессы и аппараты химической технологии” (раздел “Тепловые процессы и аппараты”) / сост.: А.С. Кувшинова, А.В. Шибашов, А.Г. Липин; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2014. - 48 с.

В методических указаниях приведены тестовые задания по разделу «Тепловые процессы» дисциплины “Процессы и аппараты химической технологии”. Выданы рекомендации по выполнению тестовых заданий.

Данные методические указания позволяют закрепить основные знания и самостоятельно подготовиться к тестовому контролю по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии».

Предназначены для студентов всех направлений и профилей подготовки, изучающих курс «Процессы и аппараты химической технологии».

Ил. 19. Библиогр.: 7 назв.

Рецензент

кандидат технических наук Б.А. Головушкин (Ивановский государственный химико-технологический университет)

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение..... | 4 |
| Рекомендации к выполнению тестов по дисциплине “Процессы и аппараты химической технологии”..... | 5 |
| Тесты по теме “Тепловые процессы и аппараты” | 7 |
| Вариант 1..... | 7 |
| Вариант 2..... | 11 |
| Вариант 3..... | 15 |
| Вариант 4..... | 19 |
| Вариант 5..... | 23 |
| Вариант 6..... | 27 |
| Вариант 7..... | 31 |
| Вариант 8..... | 35 |
| Вариант 9..... | 39 |
| Вариант 10..... | 43 |
| Список библиографических источников..... | 47 |

Введение

В последнее время все более актуальной и распространенной формой проведения промежуточного и итогового контроля знаний по многим дисциплинам становится тестирование. Важно заметить, что методика подготовки к тестированию и его проведение в значительной степени отличается от обычного экзамена по курсу “Процессы и аппараты химической технологии”.

Соблюдение некоторых правил при прохождении, например, экзаменационного теста позволяет получить достаточно высокие результаты, хотя не исключен индивидуальный подход обучающегося для успешного выполнения тестирования. Владение определенными техническими и психологическими приемами позволяет не только повысить эффективность подготовки к экзаменационному тесту, но и более успешно вести себя во время него, также способствует развитию навыков мыслительной деятельности, умению мобилизовать себя в решающей ситуации и контролировать собственные эмоции.

К настоящему времени разработаны разнообразные типы тестов по дисциплине “Процессы и аппараты химической технологии”, различающиеся как по форме и видам предлагаемых заданий, так и по целям, которые они преследуют. С успехом применяются, например, устные, письменные, компьютерные формы тестирования. Задания в тестах предусматривают либо выбор ответа из предложенных вариантов (закрытый тип), либо свободно конструируемые ответы (открытый тип). Внутри заданий с выбором ответов тоже существуют отличия, например, наибольшее распространение получили задания, в которых среди представленных для выбора вариантов ответов верным является только один, а остальные неверны. Студент в этом случае должен указать единственно верный ответ. Однако более эффективными и интересными оказываются задания, в которых нужно выбрать сразу несколько из предложенных вариантов или установить соответствия. В таком случае в бланке теста должны обязательно быть пометки о типах ответов: одиночные или множественные. Задания могут иметь возрастающий характер сложности, а могут быть одинаковыми по сложности.

Рекомендации к выполнению тестов по дисциплине “Процессы и аппараты химической технологии”

При прохождении представленных тестов хотелось бы обратить внимание на ряд моментов, которые помогают успешно выполнить тестовые задания по дисциплине “Процессы и аппараты химической технологии” (раздел тепловые процессы и аппараты).

Наилучший способ подготовки к тесту, в какой бы форме он не проводился, это упорный труд на протяжении всего семестра, то есть изучение теоретического (основы теплопередачи, выпаривание) и практического (методы расчета технологического оборудования – теплообменники, конденсаторы, выпарные аппараты) материала по данному разделу. Когда сделано все возможное для достижения высокого уровня подготовки по данной дисциплине, можно разрабатывать стратегию поведения во время тестирования.

Накануне экзамена или зачета стоит повторить типы и формы заданий, с которыми вы можете встретиться на тестировании. Необходимо вспомнить и прочитать еще раз инструкции по выполнению теста. Это сэкономит время, отведенное на тест, и исключит технические ошибки. Повторение учебного материала дает уверенность в своих знаниях по дисциплине, снимает напряжение перед экзаменом, появляется положительный психологический эффект полностью контролируемой ситуации.

В начале тестирования необходимо внимательно прослушать все указания преподавателя по выполнению заданий. Строго соблюдайте все требования, связанные с заполнением бланков регистрации и ответов. Затем прослушайте или прочитайте инструкцию к первой группе заданий А в тесте, в основном это теоретические задания закрытого типа средней сложности. Нужно посмотреть, сколько заданий данного типа присутствует в тесте (в представленных тестах 10 заданий), желательно выполнять их по порядку. Однако на ознакомительный этап не нужно тратить слишком много времени.

Прежде чем выполнять задания, необходимо внимательно прочитать условие каждого. Постараться понять, о чем конкретно спрашивается, что нужно выполнить именно в данном задании. Очень часто учащиеся не понимают вопроса, они мысленно заменяют вопрос конкретного задания тем, с которым встречались в процессе обучения. Если задание расчетное, необходимо не просто вспоминать алгоритмы решения похожих по содержанию задач, но точно определить, что дано в условии, и что нужно найти. Иногда задания сформулированы так, что могут содержать в себе невидимую подсказку, поэтому стоит лишний раз перечитать формулировку вопроса. Проведенный логический анализ вариантов ответа может помочь найти правильный.

Не стоит задерживаться на заданиях, вызывающих затруднения. Если студент не уверен в ответе, то стоит порекомендовать ему перейти к следующему заданию, более простому. К сложному заданию можно вернуться после того, как выполнены все остальные. Обязательно следует дойти до конца теста еще до окончания отведенного времени. Основная задача - выполнить как

можно больше заданий из числа тех, которые в данном случае реально выполнить и дать на них ответы.

На отдельном листке (черновике) во время теста можно помечать номера тех заданий, которые были отложены при первом просмотре, а также тех, в правильности ответов которых тестируемый не уверен. Этот список поможет быстро найти все задания, к которым нужно вернуться, не пропустив ни одного из них, что случается очень часто. Если на все вопросы ответить не удастся, то студент должен будет решить, что лучше - совсем не выполнить задание или, если речь идет о задании закрытого типа, указать ответ, в котором он не вполне уверен, но тогда, возможна вероятность ошибиться. На экзамене неверно выполненное и пропущенное задание на результат влияют одинаково. Поэтому лучше все-таки указать ответ, ведь возможно выполнить его методом исключения неверных ответов и вероятность правильно выполненного задания возрастет.

Работать над тестом следует самостоятельно и независимо, не стоит пытаться проконсультироваться с одноклассниками, так как это может привести к дополнительным недочетам и ошибкам.

Во время тестирования следует придерживаться заданного темпа и не забывать, что отведенное на тест время строго ограничено. Следует обратить внимание на то, что наиболее трудные задания группы В (расчетные задания или задания открытого типа) расположены в самом конце теста, поэтому следует оставить для них достаточное количество времени. Если во время тестирования на какое-то задание студентом был дан неверный ответ, в этом случае аккуратно вносится поправка с новым ответом в соответствующее место на бланке. Не нужно торопиться и стремиться сдать тест до окончания отведенного на экзамен времени, лучше еще раз просмотреть вопросы и проверить ответы на задания.

Обратите особое внимание, что после каждого вопроса указан тип ответа – одиночный или множественный выбор. Одиночный – один вариант ответа, множественный – в основном два варианта ответов. Неполный ответ влияет на конечный результат и оценку за тестирование.

В каждом тесте представлено десять заданий уровня А и два расчетных задания уровня В. Время тестирования составляет примерно 30-40 минут.

Соблюдение всех вышеперечисленных рекомендаций является залогом успешного прохождения тестирования и достижения высоких результатов по данному разделу дисциплины.

Тесты по теме “Тепловые процессы и аппараты”

Вариант 1 Уровень А

1. Какой способ переноса теплоты называется тепловым излучением (*одиночный выбор*):

- a) процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волн, обусловленный тепловым движением атомов или молекул излучающего тела;
- b) молекулярный перенос теплоты в телах (или между ними), обусловленный градиентом температуры в рассматриваемом пространстве;
- c) перенос теплоты от стенки к движущей среде;
- d) перенос тепла от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую стенку?

2. Какая из перечисленных разностей температур является движущей силой процесса теплопроводности (*одиночный выбор*):

- a) разность между средними температурами горячего и холодного теплоносителей;
- b) разность между температурами теплоносителя на входе и выходе из аппарата;
- c) разность между температурами стенок со стороны горячего и холодного теплоносителей;
- d) разность между температурами стенки и теплоносителя?

3. Какое из представленных уравнений является законом Кирхгофа (*одиночный выбор*):

- a) $dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF dt$;
- b) $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_n}{A_n} = \frac{E_0}{A_0} = E_0 = f(T)$;
- c) $E = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$;
- d) $Q' = KF \Delta t_{cp}$?

4. Каким образом записывается основное уравнение теплопередачи для нестационарного режима (*одиночный выбор*):

- a) $Q = \alpha (t_{ct} - t_{ж}) F \tau$;
- b) $Q = KF \Delta t_{cp} \tau$;

c) $E = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$;

d) $Q' = KF\Delta t_{cp}$?

5. Какова размерность коэффициента теплопередачи (одиночный выбор):

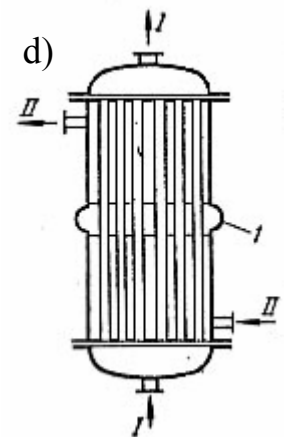
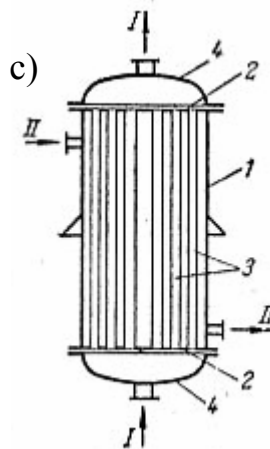
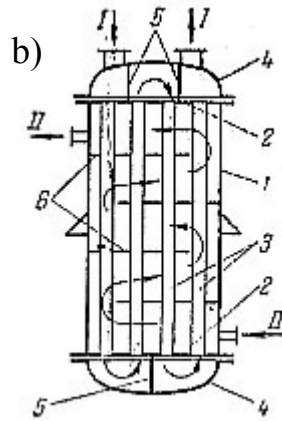
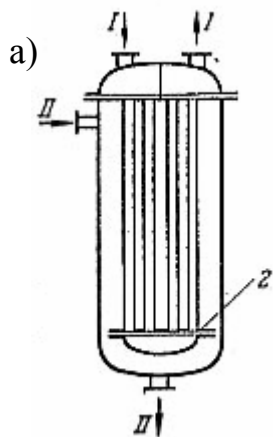
a) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}} \right]$;

b) $\left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$;

c) $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$;

d) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$?

6. Какой из аппаратов является кожухотрубчатым многоходовым теплообменником (одиночный выбор)?



7. Каким образом определяется средняя разность температур при противоточном движении теплоносителей, если $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} \leq 2$ (одиночный выбор):

a) $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{\text{м}}}{2}$;

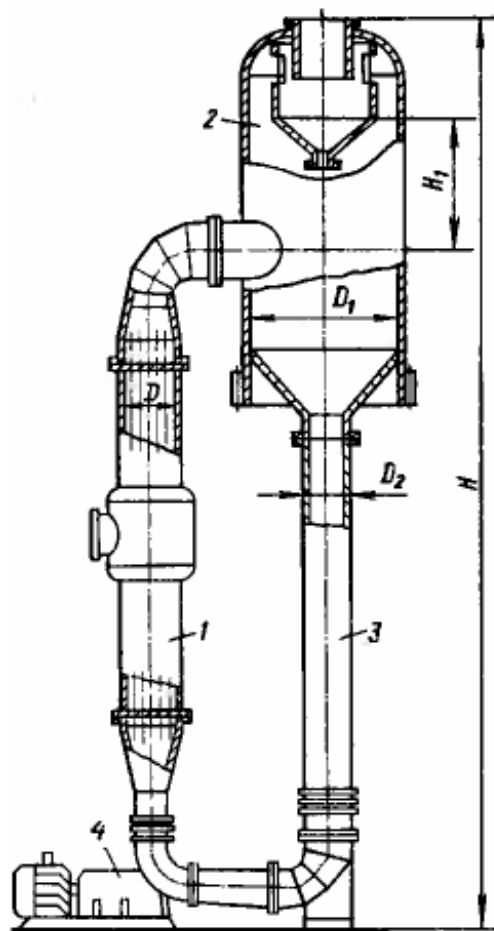
b) $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{\text{м}})}$;

c) $\Delta t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2}$;

d) $\Delta t_{cp} = t_2 - t_1$?

8. Что является движущей силой процесса выпаривания (*одиночный выбор*):
- разность между температурой греющего пара и температурой кипения раствора;
 - разность между температурами первичного и вторичного пара на выходе из аппарата;
 - разность между температурой кипения раствора и температурой вторичного пара;
 - разность температур кипения раствора в середине слоя и на его поверхности?

9. Какой выпарной аппарат представлен на рисунке (*одиночный выбор*):



- с естественной циркуляцией и сосной греющей камерой;
- с естественной циркуляцией и вынесенной греющей камерой;
- с принудительной циркуляцией и вынесенной греющей камерой;
- с принудительной циркуляцией и вынесенной греющей камерой?

10. Какое из приведенных уравнений является общим материальным балансом однокорпусной выпарной установки (*одиночный выбор*):

a) $G_H x_H = G_K x_K$;

b) $W_{n-1} i_{n-1} + G_{n-1} i_{p(n-1)} = G_n i_{pn} + W_{n-1} i_{r(n-1)} + W_n i_{nv,п} + Q_{пп}$;

c) $W = G_H - G_K$;

d) $Q = G_{п} (i_{п} - i_{к}) = G_H c_H (t_K - t_H) + W (i_{в,п} - c_K t_K) + Q_{дег} + Q_{пот}$?

Вариант 1 Уровень В

1. Металлическая стенка реактора толщиной 40 мм обогревается с внешней стороны перегретым водяным паром с температурой 130°C. Внутри реактора находится раствор, который разогревается до 80°C. За одну секунду от пара к раствору передается 4 кДж теплоты. Аппарат выполнен в виде цилиндра с внутренним диаметром 0,5 м и длиной 1,5 м. Определить коэффициент теплопроводности металлической стенки (*одиночный выбор*):

a) $\lambda = 1,26 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;

b) $\lambda = 2,21 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;

c) $\lambda = 0,135 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;

d) $\lambda = 12 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.

2. Определить производительность выпарного аппарата по упаренному раствору (G_K) при концентрировании раствора от 30% (масс.) до 60% (масс.), если расход теплоты на выпаривание составляет 800 кВт. Раствор подается на упаривание при температуре 85°C, а его температура кипения в аппарате 90°C. Энтальпия вторичного пара 2260 кДж/кг. Теплоемкость упариваемого раствора 3 кДж/кг·К, а растворителя при температуре кипения 4,23 кДж/кг·К. Потерями тепла пренебречь (*одиночный выбор*):

a) $G_K = 0,12 \text{ кг/с}$;

b) $G_K = 22 \text{ кг/с}$;

c) $G_K = 0,42 \text{ кг/с}$;

d) $G_K = 1,5 \text{ кг/с}$.

Вариант 2
Уровень А

1. Дайте определение естественной конвекции (*одиночный выбор*):
- a) перенос теплоты с помощью электромагнитных волн, обусловленных только температурой и оптическими свойствами среды;
 - b) перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом;
 - c) перенос теплоты за счет перемещения потоков жидкости или газа, происходящего вследствие затраты механической энергии;
 - d) перенос теплоты за счет перемещения жидкости или газа, вызванного разностью плотностей в различных точках пространства вследствие различия температур.

2. Какое из выражений является уравнением теплопроводности однослойной плоской стенки (*одиночный выбор*):

a) $Q = \frac{(t_{ct1} - t_{ct2})F\tau}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$;

b) $Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_{ct1} - t_{ct2})F\tau$;

c) $Q = \frac{2\pi\ell\tau(t_{ct1} - t_{ct2})}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$;

d) $Q = \frac{2\pi\ell\tau(t_{ct1} - t_{ct2})}{\sum \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$?

3. Какова размерность коэффициента температуропроводности (*одиночный выбор*):

a) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}} \right]$;

b) $\left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$;

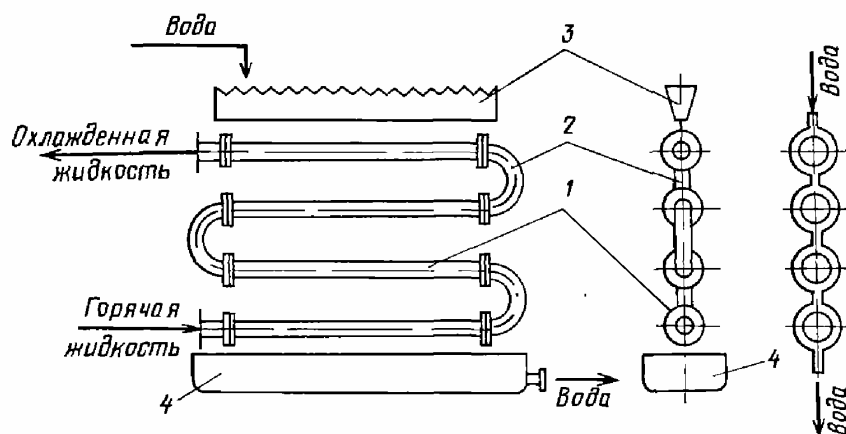
c) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$;

d) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$?

4. Что характеризует критерий Нуссельта (*одиночный выбор*):
- а) характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости;
 - б) характеризует соотношение сил вязкого трения и подъемной силы, описывает режим свободного движения теплоносителя;
 - в) характеризует физико – химические свойства теплоносителя и является мерой подобия температурных и скоростных полей в потоке;
 - г) характеризует соотношение сил тяжести и сил вязкого трения в потоке?

5. Что такое теплопередача (*одиночный выбор*):
- а) перенос тепла вследствие беспорядочного движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом;
 - б) перенос тепла вследствие движения и перемешивания микроскопических объемов газа или жидкости;
 - в) процесс переноса теплоты от одного теплоносителя к другому через разделяющую их стенку;
 - г) процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волн, обусловленный движением атомов или молекул излучающего тела?

6. Конструкция какого теплообменника изображена на рисунке (*одиночный выбор*):



- а) змеевикового;
- б) спирального;
- в) оросительного;
- г) с двойными трубами?

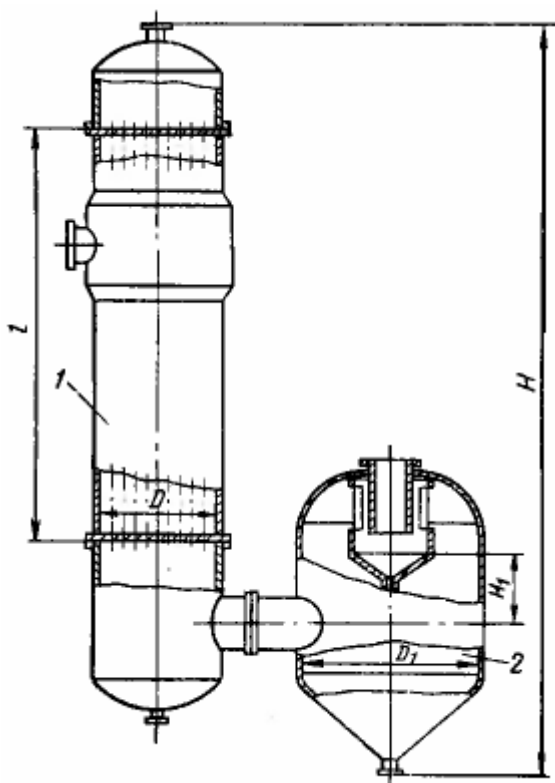
7. По какому уравнению определяется критерий Нуссельта при вынужденном движении теплоносителя в прямых трубах при ламинарном режиме (*одиночный выбор*):

- a) $Nu = C(Gr \cdot Pr)^n (Pr/Pr_{ст})^{0,25}$;
- b) $Nu = 0,17 Re^{0,33} Pr^{0,43} Gr^{0,1} \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$;
- c) $Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$;
- d) $Nu = C(Ga \cdot Pr \cdot K)^n$?

8. Как изменится количество теплоты, переданное теплоотдачей, если коэффициент теплоотдачи уменьшится в два раза (*одиночный выбор*):

- a) увеличится в два раза;
- b) не изменится;
- c) уменьшится в два раза;
- d) увеличится в четыре раза?

9. Какой выпарной аппарат представлен на рисунке (*одиночный выбор*):



- a) с естественной циркуляцией и сосной греющей камерой;
- b) со стекающей пленкой;
- c) с принудительной циркуляцией и вынесенной греющей камерой;
- d) с принудительной циркуляцией и вынесенной греющей камерой?

10. Какое из приведенных уравнений является тепловым балансом многокорпусной выпарной установки (*одиночный выбор*):

a) $W = G_H - G_K$;

b) $W_{n-1}i_{n-1} + G_{n-1}i_{p(n-1)} = G_n i_{pn} + W_{n-1}i_{\Gamma(n-1)} + W_n i_{нв.п} + Q_{пп}$;

c) $G_H x_H = G_K x_K$;

d) $Q = G_{п}(i_{п} - i_{к}) = G_{н} c_{н}(t_{к} - t_{н}) + W(i_{в.п} - c_{к} t_{к}) + Q_{дег} + Q_{пот}$.

Вариант 2 Уровень В

1. Раствор сульфата кальция движется в реакторе с расходом 3000 кг/ч, нагреваясь от 20°C до 70°C через металлическую стенку реактора перегретым водяным паром с начальной температурой 110°C. При этом пар конденсируется при температуре 100°C, и конденсат охлаждается до температуры 95°C. Теплоемкости раствора сульфата кальция, перегретого пара и конденсата пара соответственно 2,7 кДж/кг·К, 2,12 кДж/кг·К и 4,19 кДж/кг·К. Теплота конденсации пара составляет 2200 кДж/кг. Определить расход греющего пара. Теплопотерями в окружающую среду пренебречь (*одиночный выбор*):

a) $G_{п} = 0,01$ кг/с

b) $G_{п} = 0,05$ кг/с;

c) $G_{п} = 1,04$ кг/с;

d) $G_{п} = 11,5$ кг/с.

2. В теплообменнике с рабочей поверхностью 20 м² охлаждается раствор соли. Хладагентом является вода с расходом 5,5 кг/с, которая нагревается от 10°C до 20°C. Определить среднюю движущую силу процесса теплообмена, если коэффициент теплопередачи от раствора к воде составляет 500 Вт/м²·К. Теплоемкость воды при её средней температуре в теплообменнике 4,21 кДж/кг·К. Теплопотерями в окружающую среду пренебречь (*одиночный выбор*):

a) $\Delta t_{ср} = 23,15$ °C;

b) $\Delta t_{ср} = 2,5$ °C;

c) $\Delta t_{ср} = 50$ °C;

d) $\Delta t_{ср} = 11,25$ °C.

Вариант 3
Уровень А

1. Какой способ переноса теплоты называется теплопроводностью (*одиночный выбор*):

- a) перенос теплоты с помощью электромагнитных волн, обусловленных только температурой и оптическими свойствами среды;
- b) перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом;
- c) перенос теплоты от стенки к движущей среде;
- d) перенос тепла от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую стенку?

2. Дайте определение вынужденной конвекции (*одиночный выбор*):

- a) перенос теплоты с помощью электромагнитных волн, обусловленных только температурой и оптическими свойствами среды;
- b) перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом;
- c) перенос теплоты за счет перемещения потоков жидкости или газа, происходящего вследствие затраты механической энергии;
- d) перенос теплоты за счет перемещения жидкости или газа, вызванного разностью плотностей в различных точках пространства вследствие различия температур.

3. Какова размерность коэффициента температурного расширения (*одиночный выбор*):

- a) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}} \right]$;
- b) $\left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$;
- c) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$;
- d) $\left[\frac{1}{\text{К}} \right]$?

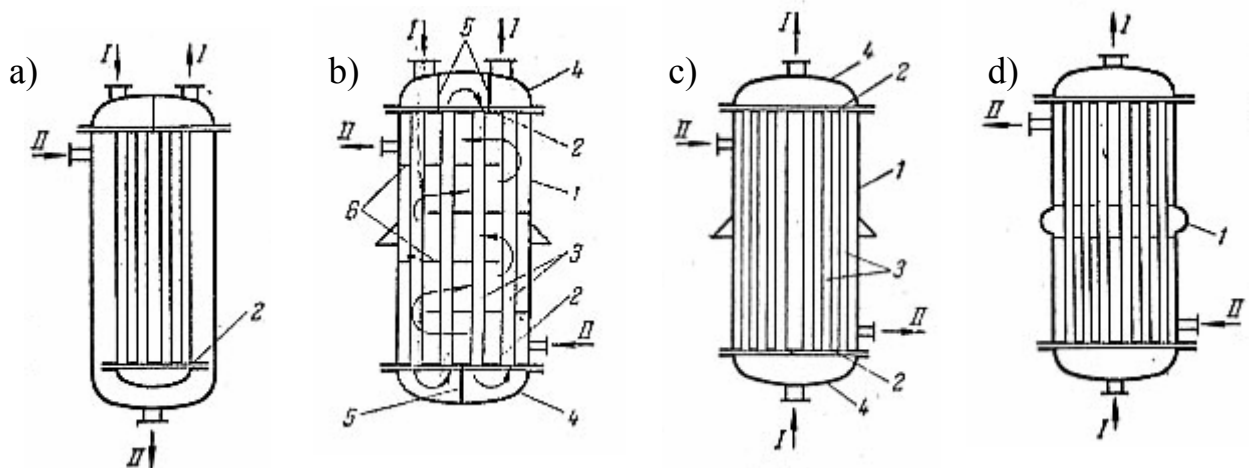
4. Какая из перечисленных разностей температур является движущей силой процесса теплопередачи (*одиночный выбор*):

- a) разность между средними температурами горячего и холодного теплоносителей;
- b) разность между температурами теплоносителя на входе и выходе из аппарата;
- c) разность между температурами стенок со стороны горячего и холодного теплоносителей;
- d) разность между температурами стенки и теплоносителя?

5. Каким образом определяется средняя разность температур при противоточном движении теплоносителей, если $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} > 2$ (*одиночный выбор*):

- a) $\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{\text{м}}}{2}$;
- b) $\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln(\Delta t_{\delta}/\Delta t_{\text{м}})}$;
- c) $\Delta t_{\text{cp}} = \frac{t_1 + t_2}{2}$;
- d) $\Delta t_{\text{cp}} = t_2 - t_1$?

6. Какой из аппаратов является кожухотрубчатый теплообменником с линзовым компенсатором (*одиночный выбор*)?



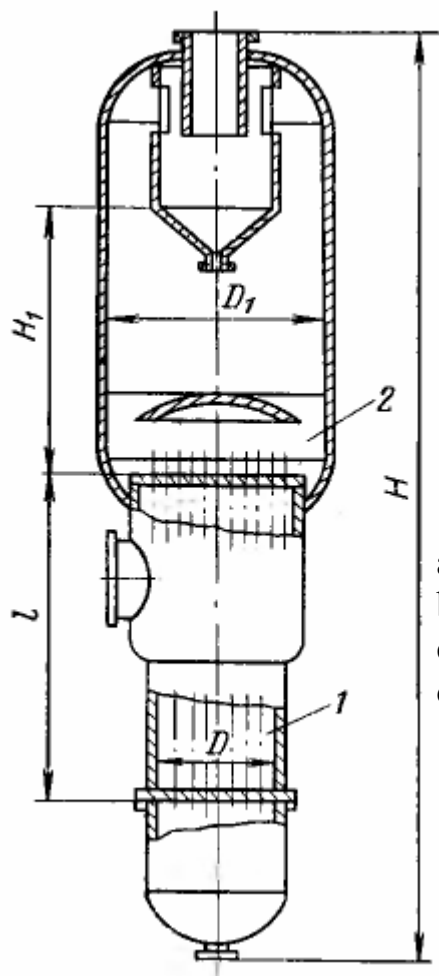
7. По какому из представленных выражений определяется критерий Грасгофа (одиночный выбор):

- a) $\frac{g\ell^3}{\nu^2}\beta\Delta t$;
- b) $\frac{gl^3\rho^2g^2}{\mu^2}$;
- c) $\frac{r}{c\Delta t}$;
- d) $\frac{a\tau}{\ell^2}$?

8. Какое из приведенных уравнений является тепловым балансом однокорпусной выпарной установки (одиночный выбор):

- a) $W = G_H - G_K$;
- b) $G_H x_H = G_K x_K$;
- c) $W_{n-1}i_{n-1} + G_{n-1}i_{p(n-1)} = G_n i_{pn} + W_{n-1}i_{r(n-1)} + W_n i_{нв.п} + Q_{пп}$;
- d) $Q = G_{п}(i_{п} - i_{к}) = G_H c_H (t_K - t_H) + W(i_{в.п} - c_K t_K) + Q_{дег} + Q_{пот}$?

9. Какой выпарной аппарат представлен на рисунке (одиночный выбор):



- a) с вынесенной зоной кипения;
- b) со стекающей пленкой;
- c) с выносной циркуляционной трубой;
- d) с восходящей пленкой?

10. Укажите формулу для определения теплообменной поверхности выпарного аппарата (*одиночный выбор*):

a) $F = \frac{Q}{K\Delta t_{cp}}$;

b) $F = \frac{Q}{K\Delta t_{пол}}$;

c) $F = \frac{Q}{K(t_1 - t_2)}$;

d) $F = \frac{Q}{\alpha(t_1 - t_2)}$.

Вариант 3 Уровень В

1. Вычислите величину коэффициента теплоотдачи от воды к стенке теплообменной трубы диаметром 25 мм, если вода движется в турбулентном режиме с расходом 1,5 кг/с. Физические свойства воды при её средней температуре в теплообменнике: плотность 996 кг/м³, теплоемкость 4,21 кДж/кг·К, теплопроводность 0,6 Вт/м·К, динамическая вязкость 0,96·10⁻³ Па·с (*одиночный выбор*):

a) $\alpha = 650 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$;

b) $\alpha = 9538 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$;

c) $\alpha = 120\cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$;

d) $\alpha = 7520 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$.

2. Определить величину расхода вторичного пара (W) в однокорпусном выпарном аппарате с поверхностью кипяtilьных труб $F = 50 \text{ м}^2$, если коэффициент теплопередачи от греющего пара к кипящему раствору составляет 2000 Вт/м²·К, а общие потери температуры на депрессии 5°C. Упариваемый раствор подается в аппарат нагретый до температуры кипения в нем. Температура первичного (греющего) пара 115°C, а температура вторичного пара 90°C. Энтальпия вторичного пара 2300 кДж/кг. Теплоемкость растворителя при температуре кипения 4,20 кДж/кг·К. Потерями тепла пренебречь (*одиночный выбор*):

a) $W = 0,05 \text{ кг/с}$

b) $W = 10 \text{ кг/с}$;

c) $W = 0,75 \text{ кг/с}$;

d) $W = 1,15 \text{ кг/с}$.

Вариант 4
Уровень А

1. Какой способ переноса теплоты называется конвекцией (*одиночный выбор*):
- a) перенос теплоты с помощью электромагнитных волн, обусловленных только температурой и оптическими свойствами среды;
 - b) перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом;
 - c) перенос теплоты, осуществляемый за счет перемещения потоков жидкости или газа в объеме;
 - d) перенос тепла от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую стенку?

2. Какое из представленных уравнений является законом Стефана – Больцмана (*одиночный выбор*):

a) $dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau$;

b) $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_n}{A_n} = \frac{E_0}{A_0} = E_0 = f(T)$;

c) $E = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$;

d) $Q' = KF\Delta t_{cp}$?

3. Какова размерность коэффициента теплопроводности (*одиночный выбор*):

a) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right]$;

b) $\left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$;

c) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$;

d) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$?

4. Какой способ переноса теплоты называется теплопередачей (*одиночный выбор*):

- a) перенос теплоты с помощью электромагнитных волн, обусловленный только температурой и оптическими свойствами среды;
- b) перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом;
- c) конвективный теплообмен между движущейся средой и поверхностью (стенкой);
- d) перенос тепла от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку?

5. Каким образом определяется средняя движущая сила процесса теплопередачи при перекрестном и смешанном токе теплоносителей (*одиночный выбор*):

- a) $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{m}}{2}$;
- b) $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{m}}{\ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{m})}$;
- c) $\Delta t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2}$;
- d) $\Delta t'_{cp} = \Delta t_{cp} \varepsilon_{\Delta t}$?

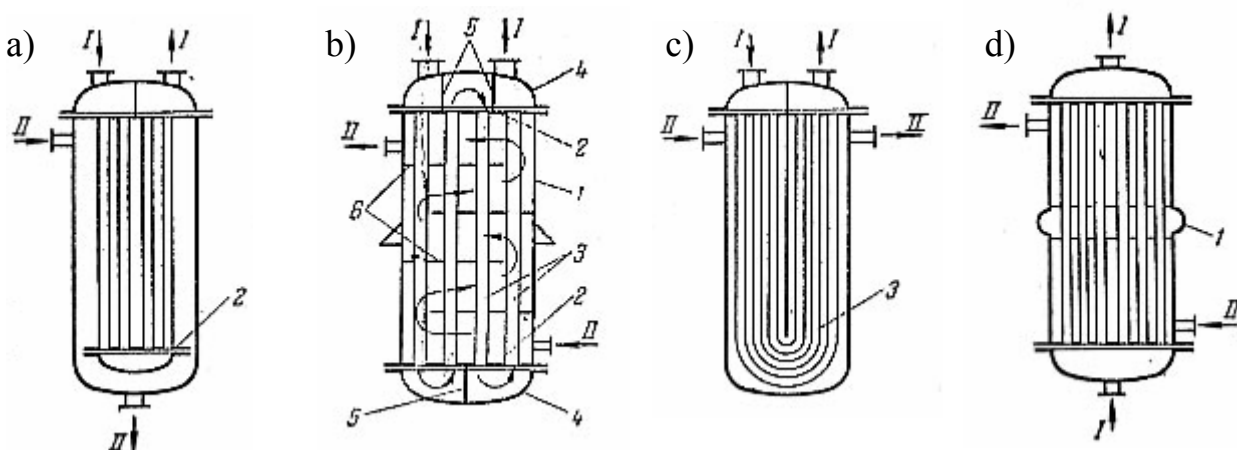
6. По какому из представленных выражений определяется критерий Фурье (*одиночный выбор*):

- a) $\frac{g \ell^3}{\nu^2} \beta \Delta t$;
- b) $\frac{g l^3 \rho^2 g^2}{\mu^2}$;
- c) $\frac{r}{c \Delta t}$;
- d) $\frac{a \tau}{\ell^2}$?

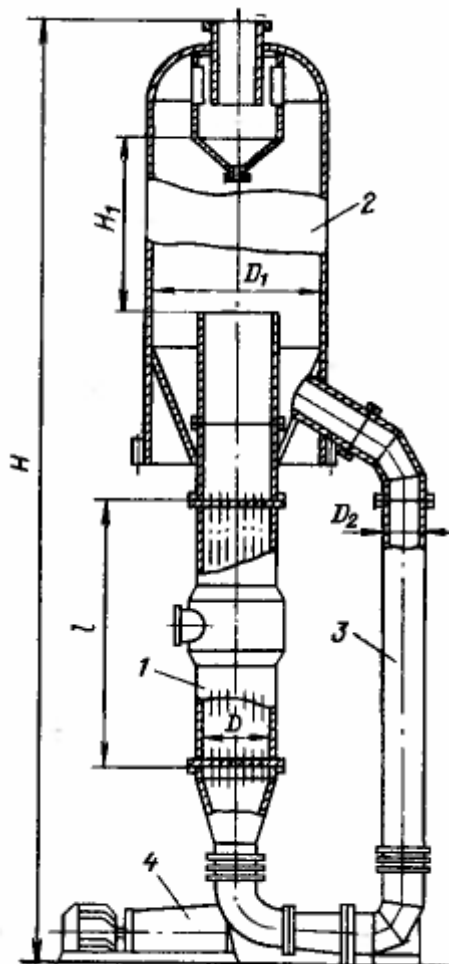
7. Какое из представленных уравнений является законом теплоотдачи (*одиночный выбор*):

- a) $Q = \alpha(t_{ct} - t_{ж}) F \tau$;
- b) $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_n}{A_n} = \frac{E_0}{A_0} = E_0 = f(T)$;
- c) $E = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$;
- d) $Q' = KF \Delta t_{cp}$?

8. Какой из аппаратов является кожухотрубчатый теплообменник с U-образными трубами (одиночный выбор)?



9. Какой выпарной аппарат представлен на рисунке (одиночный выбор):



- a) с естественной циркуляцией и сосной греющей камерой;
- b) со стекающей пленкой;
- c) с принудительной циркуляцией и соосной греющей камерой;
- d) с принудительной циркуляцией и вынесенной греющей камерой?

10. Что представляют собой температурные потери при выпаривании (*одиночный выбор*):

- a) разность между температурой кипения растворителя при давлении в среднем сечении труб и давлении в сепараторе;
- b) разность между температурой кипения раствора и температурой кипения чистого растворителя при данном давлении;
- c) разность между температурами первичного и вторичного пара на выходе из аппарата;
- d) разность между общей разностью температур и полезной разностью температур?

Вариант 4 **Уровень В**

1. Две плоских параллельных пластины шириной 2 м и высотой 1,5 м обмениваются теплом по средствам инфракрасного излучения. Определить температуру менее нагретой пластины, если более нагретая имеет температуру 260°C, а тепловой поток между пластинами составляет 360 Вт (степени черноты пластин составляют 0,85 и 0,95 соответственно) (*одиночный выбор*):

- a) $t_2 = 120^\circ\text{C}$;
- b) $t_2 = 85^\circ\text{C}$;
- c) $t_2 = 235^\circ\text{C}$;
- d) $t_2 = 255^\circ\text{C}$.

2. Определить количество труб кожухотрубного теплообменника, в котором *горячий* теплоноситель с расходом 3,96 т/ч охлаждается от 90°C до 65°C, а *холодный* нагревается от 20°C до 35°C (теплоносители движутся прямотоком), Коэффициент теплоотдачи *горячего* теплоносителя 2100 Вт/м²·К, холодного теплоносителя – 1600 Вт/м²·К. Диаметр труб 25x2 мм, их длина 3 м (теплопроводность материала труб 20 Вт/м·К). Теплоемкость *горячего* теплоносителя составляет 3,86 кДж/кг·К (*одиночный выбор*):

- a) $n = 50$ шт;
- b) $n = 8$ шт;
- c) $n = 116$ шт;
- d) $n = 12$ шт.

Вариант 5
Уровень А

1. Перечислите три элементарных способа распространения теплоты (множественный выбор):

- a) теплоотдача;
- b) теплопроводность;
- c) теплопередача;
- d) выпаривание;
- e) тепловое излучение ;
- f) конвекция.

2. Какое из представленных уравнений является законом теплопроводности Фурье (одиночный выбор):

- a) $dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF dt$;
- b) $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_n}{A_n} = \frac{E_0}{A_0} = E_0 = f(T)$;
- c) $E = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$;
- d) $Q' = KF \Delta t_{cp}$?

3. Какую размерность имеет величина удельного теплового потока (одиночный выбор):

- a) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}} \right]$;
- b) $\left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$;
- c) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$;
- d) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$?

4. Что такое конденсация (одиночный выбор):

- a) процесс переноса теплоты с помощью электромагнитных волн, обусловленный только температурой и оптическими свойствами среды;
- b) перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом;
- c) процесс фазового перехода из парообразного состояния в жидкое;
- d) процесс образования пара внутри всей массы жидкости?

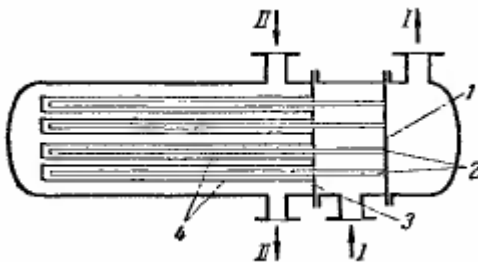
5. Какая из перечисленных разностей температур является движущей силой процесса теплоотдачи (*одиночный выбор*):

- a) разность между средними температурами горячего и холодного теплоносителей;
- b) разность между температурами теплоносителя на входе и выходе из аппарата;
- c) разность между температурами стенок со стороны горячего и холодного теплоносителей;
- d) разность между температурами стенки и теплоносителя?

6. Каким образом записывается основное уравнение теплопередачи для стационарного режима (*одиночный выбор*):

- a) $Q = \alpha(t_{ст} - t_{ж})F\tau$;
- b) $Q = KF\Delta t_{cp}\tau$;
- c) $E = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$;
- d) $Q' = KF\Delta t_{cp}$?

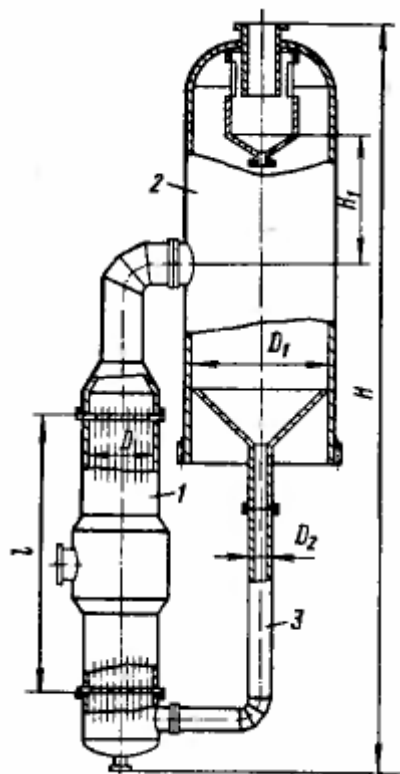
7. Конструкция какого теплообменника изображена на рисунке (*одиночный выбор*):



- a) змеевикового;
- b) спирального;
- c) двухтрубчатого;
- d) с двойными трубами?

8. Что характеризует критерий Галилея (*одиночный выбор*):
- а) характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости;
 - б) характеризует соотношение сил вязкого трения и подъемной силы, описывает режим свободного движения теплоносителя;
 - в) характеризует физико – химические свойства теплоносителя и является мерой подобия температурных и скоростных полей в потоке;
 - г) характеризует соотношение сил тяжести и сил вязкого трения в потоке?

9. Какой выпарной аппарат представлен на рисунке (*одиночный выбор*):



- а) с естественной циркуляцией и сосной греющей камерой;
- б) со стекающей пленкой;
- в) с естественной циркуляцией и вынесенной греющей камерой;
- г) с принудительной циркуляцией и вынесенной греющей камерой?

10. Какое из представленных уравнений является уравнением Тищенко (одиночный выбор):

a) $\Delta t_{\text{пол}} = t_{\text{г}} - t_{\text{кип}}$;

b) $W = G_{\text{н}} \left(1 - \frac{x_{\text{н}}}{x_{\text{к}}} \right)$;

c) $\Delta t_{\text{тд}}^{\text{р}} = f \frac{T^2}{r} \Delta t_{\text{тд}}^{\text{л}}$;

d) $Q = \alpha(t_{\text{ст}} - t_{\text{ж}})F\tau$?

Вариант 5 Уровень В

1. До какой максимальной температуры можно нагреть насыщенным водяным паром раствор хлористого кальция, если расход греющего пара составляет 0,5 кг/с, а расход раствора – 6,5 кг/с. Начальная температура раствора 10°C. Теплота конденсации пара 2650 кДж/кг·К, удельная теплоемкость раствора $2,5 \cdot 10^3$ Дж/кг·К. Суммарные потери тепла в окружающую среду составляют 5% от общей тепловой нагрузки (одиночный выбор):

a) $t_{\text{max}} = 87,5^\circ\text{C}$;

b) $t_{\text{max}} = 36,6^\circ\text{C}$;

c) $t_{\text{max}} = 120^\circ\text{C}$;

d) $t_{\text{max}} = 56,8^\circ\text{C}$.

2. Определите величину коэффициента теплоотдачи при протекании 450 кг/ч воды по трубопроводу с внутренним диаметром 15 мм и длиной 0,45 м, если средняя температура воды 20°C, а температура стенки 60°C. Физические свойства воды при её средней температуре: плотность – 998 кг/м³; кинематическая вязкость – 10^{-6} м²/с; теплопроводность – 0,515 Вт/м·К. Критерии Прандтля при средней температуре воды и температуре стенки принять 7,02 и 2,98 соответственно (одиночный выбор):

a) $\alpha = 3680$ Вт/м²·К;

b) $\alpha = 800$ Вт/м²·К;

c) $\alpha = 10^4$ Вт/м²·К;

d) $\alpha = 1350,5$ Вт/м²·К.

Вариант 6
Уровень А

1. Что такое кипение (*одиночный выбор*):

- a) процесс переноса теплоты с помощью электромагнитных волн, обусловленный только температурой и оптическими свойствами среды;
- b) перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом;
- c) процесс фазового перехода из парообразного состояния в жидкое;
- d) процесс образования пара внутри всей массы жидкости?

2. Каковую размерность имеет величина теплового потока (*множественный выбор*):

- a) $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{с}} \right]$;
- b) $\left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$;
- c) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$;
- d) $[\text{Вт}]$?

3. Какой способ переноса теплоты называется теплоотдачей (*одиночный выбор*):

- a) перенос теплоты с помощью электромагнитных волн, обусловленный только температурой и оптическими свойствами среды;
- b) перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом;
- c) конвективный теплообмен между движущейся средой и поверхностью (стенкой);
- d) перенос тепла от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую стенку?

4. Какую размерность имеет количество теплоты (*одиночный выбор*):

- a) $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{с}} \right]$;
- b) $\left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$;
- c) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$;
- d) [Дж]?

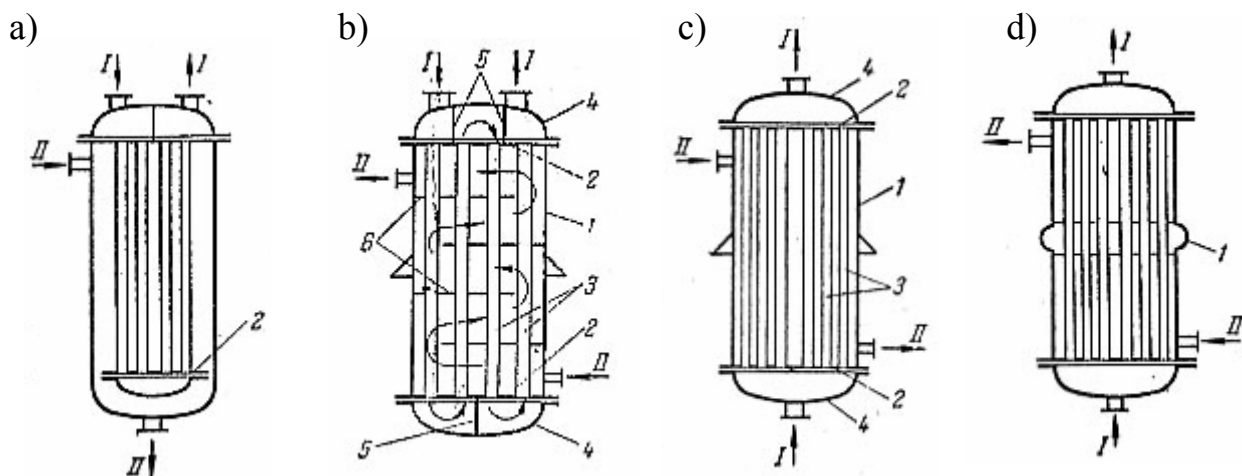
5. Какое из выражений является уравнением теплопроводности многослойной плоской стенки (*одиночный выбор*):

- a) $Q = \frac{(t_{\text{сг1}} - t_{\text{сг2}})F\tau}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$;
- b) $Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_{\text{сг1}} - t_{\text{сг2}})F\tau$;
- c) $Q = \frac{2\pi l\tau(t_{\text{сг1}} - t_{\text{сг2}})}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$;
- d) $Q = \frac{2\pi l\tau(t_{\text{сг1}} - t_{\text{сг2}})}{\sum \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$?

6. Что характеризует критерий Прандтля (*одиночный выбор*):

- a) характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости;
- b) характеризует подобию неустановившихся процессов теплообмена;
- c) характеризует физико – химические свойства теплоносителя и является мерой подобия температурных и скоростных полей в потоке;
- d) характеризует соотношение сил тяжести и сил вязкого трения в потоке?

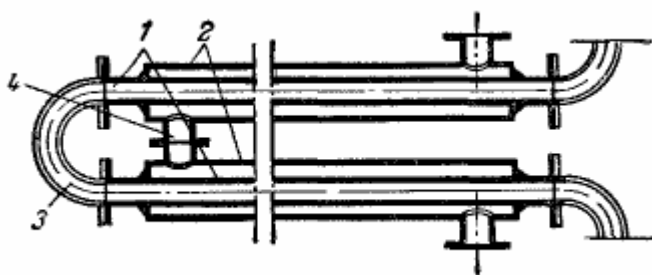
7. Какой из аппаратов является кожухотрубчатым одноходовым теплообменником (одиночный выбор)?



8. Как изменится поверхность теплопередачи, если коэффициент теплопередачи увеличится в два раза (одиночный выбор):

- a) увеличится в два раза;
- b) уменьшится в два раза;
- c) не изменится;
- d) увеличится в четыре раза?

9. Конструкция какого теплообменника изображена на рисунке (одиночный выбор):



- a) змеевикового;
- b) спирального;
- c) “труба в трубе”;
- d) с двойными трубами?

10. Что такое гидравлическая депрессия (*одиночный выбор*):

- a) разность между температурой кипения растворителя при давлении в среднем сечении труб и давлении в сепараторе;
- b) разность между температурой кипения раствора и температурой кипения чистого растворителя при данном давлении;
- c) разность между температурами первичного и вторичного пара на выходе из аппарата;
- d) разность температур вторичного пара над раствором в выпарном аппарате и на входе в следующий аппарат, обусловленная потерей давления пара при движении его через аппарат и паропровод?

Вариант 6 **Уровень В**

1. Определите коэффициент теплоотдачи излучением от металлической поверхности площадью 2 м^2 , имеющей температуру поверхности 300°C , к высушиваемому материалу, поверхность которого составляет $1,5 \text{ м}^2$. Если материал разогревается до 95°C . Степени черноты металла и высушиваемого материала одинаковы и составляют $0,6$. Угловой коэффициент считать равным единице (*одиночный выбор*):

- a) $\alpha_{\text{л}} = 4,24 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$;
- b) $\alpha_{\text{л}} = 0,55 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$;
- c) $\alpha_{\text{л}} = 100,6 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$;
- d) $\alpha_{\text{л}} = 13,5 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$.

2. Определить поверхность теплообмена подогревателя раствора соли. Раствор нагревается от 15°C до 50°C водой, которая остывает от 90°C до 55°C . Движение теплоносителей – противоток. Расходы теплоносителей равны 5 т/ч , удельная теплоемкость раствора $3500 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$; коэффициент теплопередачи $450 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ (*одиночный выбор*):

- a) $F = 25 \text{ м}^2$;
- b) $F = 9,5 \text{ м}^2$;
- c) $F = 2,5 \text{ м}^2$;
- d) $F = 42 \text{ м}^2$.

Вариант 7
Уровень А

1. Каким образом записывается уравнение теплового баланса, если теплообмен протекает без изменения агрегатного состояния теплоносителей (*одиночный выбор*):

a) $Q = \alpha(t_{ct} - t_{ж})F\tau$;

b) $Q = G(I_{1п} - I_{1к}) = Gc_{п}(t_{п} - t_{нас}) + Gr + Gc_{к}(t_{нас} - t_{к})$;

c) $Q = G_1c_1(t_{1н} - t_{1к}) = G_2c_2(t_{2н} - t_{2к})$;

d) $Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_{ct1} - t_{ct2})F\tau$?

2. Что такое абсолютно белое тело (*одиночный выбор*):

a) тело, отражающее все падающие на него лучи;

b) тело, коэффициент поглощения которого меньше единицы и не зависит от длины волны излучения;

c) тело, которое полностью поглощает все падающие на него лучи;

d) тело, пропускающее все падающие на него лучи?

3. Какое из выражений является уравнением теплопроводности многослойной цилиндрической стенки (*одиночный выбор*):

a) $Q = \frac{(t_{ct1} - t_{ct2})F\tau}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$;

b) $Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_{ct1} - t_{ct2})F\tau$;

c) $Q = \frac{2\pi l\tau(t_{ct1} - t_{ct2})}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$;

d) $Q = \frac{2\pi l\tau(t_{ct1} - t_{ct2})}{\sum \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$?

4. По какому из представленных выражений определяется критерий конденсации (*одиночный выбор*):

a) $\frac{g\ell^3}{\nu^2}\beta\Delta t$;

b) $\frac{gl^3\rho^2g^2}{\mu^2}$;

c) $\frac{r}{c\Delta t}$;

d) $\frac{a\tau}{\ell^2}$?

5. Дайте определение конвективному теплообмену (*одиночный выбор*):

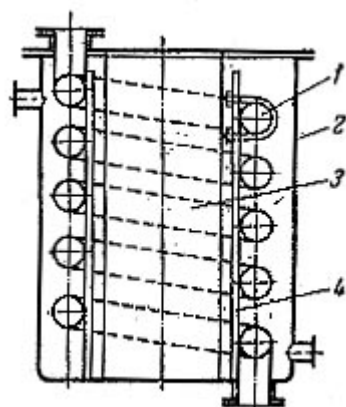
a) перенос теплоты с помощью электромагнитных волн, обусловленный только температурой и оптическими свойствами среды;

b) перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом;

c) перенос тепла, обусловленный совместным действием конвекции и теплопроводности;

d) перенос теплоты за счет перемещения потоков жидкости или газа происходящего вследствие затраты механической энергии?

6. Конструкция какого теплообменника изображена на рисунке (*одиночный выбор*):



a) змеевикового;

b) спирального;

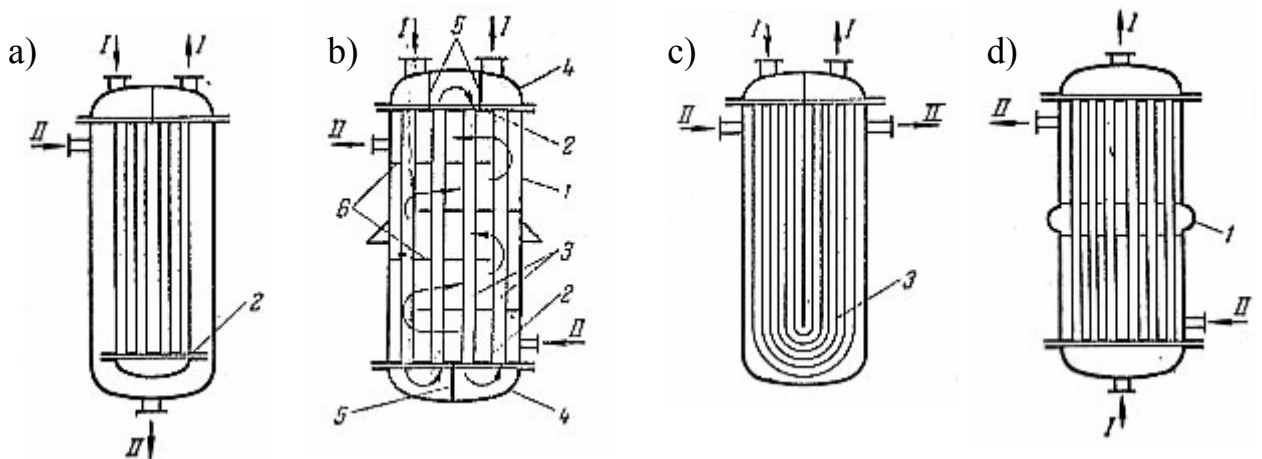
c) двухтрубчатого;

d) с двойными трубами?

7. По какому из представленных выражений определяется критерий Нуссельта (одиночный выбор):

- a) $\frac{g\ell^3}{\nu^2}\beta\Delta t$;
- b) $\frac{\alpha\ell}{\lambda}$;
- c) $\frac{r}{c\Delta t}$;
- d) $\frac{a\tau}{\ell^2}$?

8. Какой из аппаратов является кожухотрубчатый теплообменником с плавающей головкой (одиночный выбор)?



9. Какое из приведенных уравнений является материальным балансом многокорпусной выпарной установки (множественный выбор):

- a) $G_n x_n = G_n x_n$;
- b) $W_{n-1} i_{n-1} + G_{n-1} i_{p(n-1)} = G_n i_{pn} + W_{n-1} i_{r(n-1)} + W_n i_{нв.п} + Q_{пп}$;
- c) $W_{общ} = G_n \left(1 - \frac{x_n}{x_n}\right)$;
- d) $Q = G_{II} (i_{II} - i_K) = G_n c_n (t_K - t_n) + W (i_{в.п} - c_K t_K) + Q_{дег} + Q_{пот}$?

10. Что такое гидростатическая депрессия (*одиночный выбор*):

- a) разность между температурой кипения раствора и растворителя при данном давлении;
- b) разность между температурой вторичного пара в сепараторе и на входе в греющую камеру последующего аппарата;
- c) разность температур вторичного пара над раствором в выпарном аппарате и на входе в следующий аппарат;
- d) разность температур кипения раствора в середине слоя и на его поверхности, обусловленная гидростатическим давлением столба жидкости в аппарате?

Вариант 7
Уровень В

1. Определить потери тепла трубопровода диаметром 200 мм, изолированного двумя слоями: 5 см огнеупорной изоляции [теплопроводностью 0,18 Вт/м·град] и 4 см асбестовой изоляции [теплопроводностью 0,11 Вт/м·град]. Температура внутренней и наружной поверхностей изоляции соответственно 450 и 80 °С. Длина трубопровода 120 м (*одиночный выбор*):

- a) $Q = 220$ Вт;
- b) $Q = 43,5$ кВт;
- c) $Q = 25$ кВт;
- d) $Q = 1250$ Вт.

2. Каков диаметр трубопровода, внутри которого движется воздух со скоростью 5,5 м/с, если коэффициент теплоотдачи составляет 35 Вт/м²·К? Теплофизические свойства воздуха при его средней температуре: плотность – 1,09 кг/м³; динамическая вязкость – $19,6 \cdot 10^{-6}$ Па·с; теплопроводность – 0,028 Вт/м·К; теплоемкость – 1000 Дж/кг·К; критерий Прандтля при температуре стенки 0,68. Режим движения воздуха считать турбулентным (*одиночный выбор*):

- a) $d = 200$ мм;
- b) $d = 5,5$ мм;
- c) $d = 0,12$ м;
- d) $d = 1$ м.

Вариант 8
Уровень А

1. Каким образом записывается уравнение теплового баланса в случае использования в качестве теплоносителя перегретого пара (*одиночный выбор*):

a) $Q = G_1 c_1 (t_{1н} - t_{1к}) = G_2 c_2 (t_{2н} - t_{2к})$;

b) $Q = G(I_{1п} - I_{1к}) = Gc_п(t_п - t_{нас}) + Gr + Gc_к(t_{нас} - t_к)$;

c) $Q = \alpha(t_{ст} - t_ж)F\tau$;

d) $Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_{ст1} - t_{ст2})F\tau$?

2. По какой зависимости можно определить коэффициент температуропроводности (*одиночный выбор*):

a) $\frac{g\ell^3}{\nu^2}\beta\Delta t$;

b) $\frac{gl^3\rho^2g^2}{\mu^2}$;

c) $\frac{r}{c\Delta t}$;

d) $\frac{\lambda}{c\rho}$?

3. Что такое абсолютно черное тело (*одиночный выбор*):

a) тело, отражающее все падающие на него лучи;

b) тело, пропускающее все падающие на него лучи;

c) тело, которое полностью поглощает все падающие на него лучи;

d) тело, коэффициент поглощения которого меньше единицы и не зависит от длины волны излучения?

4. Что характеризует критерий Фурье (*одиночный выбор*):

- a) характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости;
- b) характеризует подобие неустановившихся процессов теплообмена;
- c) характеризует физико–химические свойства теплоносителя и является мерой подобия температурных и скоростных полей в потоке;
- d) характеризует соотношение сил тяжести и сил вязкого трения в потоке?

5. Какова размерность коэффициента теплоотдачи (*одиночный выбор*):

a) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}} \right]$;

b) $\left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$;

c) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$;

d) $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$?

6. По какому уравнению определяется критерий Нуссельта в случае пленочной конденсации (*одиночный выбор*):

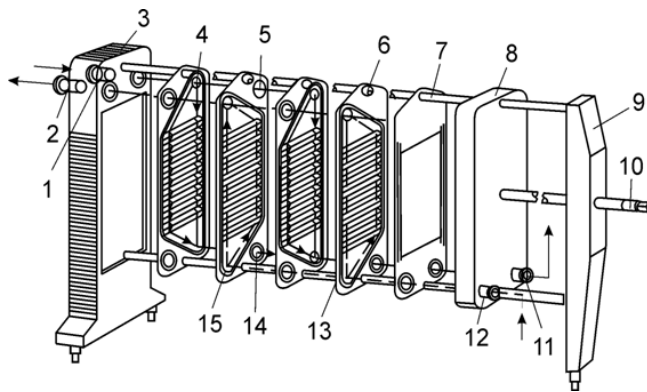
a) $Nu = C(\text{Gr} \cdot \text{Pr})^n (\text{Pr}/\text{Pr}_{\text{ст}})^{0,25}$;

b) $Nu = 0,17 \text{Re}^{0,33} \text{Pr}^{0,43} \text{Gr}^{0,1} \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{\text{ст}}} \right)^{0,25}$;

c) $Nu = 0,021 \text{Re}^{0,8} \text{Pr}^{0,43} \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{\text{ст}}} \right)^{0,25}$;

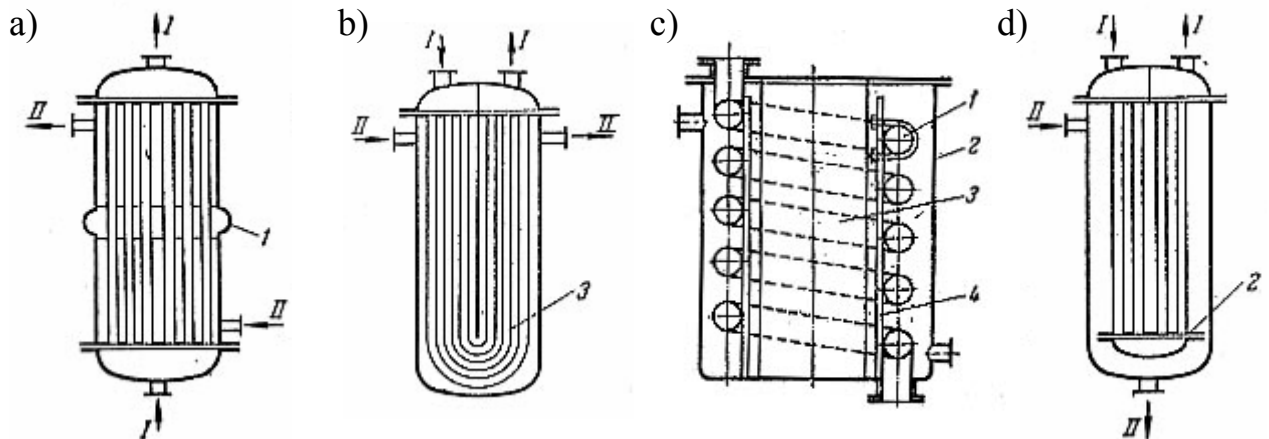
d) $Nu = C(\text{Ga} \cdot \text{Pr} \cdot \text{K})^n$?

7. Конструкция какого теплообменника изображена на рисунке (одиночный выбор):



- a) змеевикового;
- b) спирального;
- c) пластинчатого;
- d) с двойными трубами?

8. Какой из аппаратов является змеевиковым теплообменником (одиночный выбор)?



9. Какую величину позволяет определить уравнение Тищенко (одиночный выбор):

- a) гидростатическую депрессию;
- b) величину температурной депрессии при любом давлении;
- c) гидравлическую депрессию;
- d) нормальную температурную депрессию?

10. По какому выражению рассчитывается количество растворителя, удаляемого при выпаривании (*одиночный выбор*):

a) $G_{\Pi}(i_{\Pi} - i_{\text{к}})$;

b) $G_{\text{к}}x_{\text{к}}$;

c) $KF\Delta t_{\text{ср}}$;

d) $G_{\text{н}}\left(1 - \frac{x_{\text{н}}}{x_{\text{к}}}\right)$?

Вариант 8 Уровень В

1. Каков расход раствора фосфорной кислоты, если кислота нагревается в теплообменнике от 25 до 80°C насыщенным водяным паром при атмосферном давлении? Расход пара составляет 1,5 кг/с, а его удельная теплота конденсации 2250 кДж/кг. Конденсат пара охлаждается в аппарате до 85°C, принять теплоемкость раствора кислоты и конденсата пара 3,9 кДж/кг·К и 4,2 кДж/кг·К соответственно. Потери тепла в окружающую среду составляют 5% от общего количества теплоты отданного паром (*одиночный выбор*):

a) $G_{\text{к}} = 0,15$ кг/с

b) $G_{\text{к}} = 6,55$ кг/с;

c) $G_{\text{к}} = 4,7$ кг/с;

d) $G_{\text{к}} = 15,4$ кг/с.

2. Раствор щелочи нагревается водяным паром через металлическую стенку подогревателя. Определить среднюю температуру стенки, если её толщина 6 мм, а коэффициент теплопроводности материала стенки 45 Вт/м·К. Коэффициенты теплоотдачи для раствора и конденсирующегося пара 2550 Вт/м²·К и 12200 Вт/м²·К соответственно. Средняя температура раствора 40°C, пар конденсируется при температуре 120°C (*одиночный выбор*):

a) $t_{\text{ст.ср}} = 50,5^{\circ}\text{C}$;

b) $t_{\text{ст.ср}} = 40^{\circ}\text{C}$;

c) $t_{\text{ст.ср}} = 88^{\circ}\text{C}$;

d) $t_{\text{ст.ср}} = 99^{\circ}\text{C}$.

Вариант 9
Уровень А

1. Что такое абсолютно прозрачное тело (*одиночный выбор*):
- a) тело, отражающее все падающие на него лучи;
 - b) тело, коэффициент поглощения которого меньше единицы и не зависит от длины волны излучения;
 - c) тело, которое полностью поглощает все падающие на него лучи;
 - d) тело, пропускающее все падающие на него лучи?
2. Что характеризует критерий конденсации (*одиночный выбор*):
- a) характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости;
 - b) характеризует подобие неустановившихся процессов теплообмена;
 - c) характеризует изменение агрегатного состояния теплоносителя и является мерой соотношения теплового потока, затрачиваемого на фазовое превращение, к теплоте перегрева или переохлаждения фазы при температуре ее насыщения;
 - d) характеризует соотношение сил вязкого трения и подъемной силы, описывает режим свободного движения теплоносителя?
3. Какое из выражений является уравнением теплопроводности однослойной цилиндрической стенки (*одиночный выбор*):

a) $Q = \frac{(t_{ct1} - t_{ct2})F\tau}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$;

b) $Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_{ct1} - t_{ct2})F\tau$;

c) $Q = \frac{2\pi\ell\tau(t_{ct1} - t_{ct2})}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$;

d) $Q = \frac{2\pi\ell\tau(t_{ct1} - t_{ct2})}{\sum \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$?

4. По какому из представленных выражений определяется критерий Галилея (*одиночный выбор*):

a) $\frac{g\ell^3}{\nu^2}\beta\Delta t$;

b) $\frac{g l^3 \rho^2 g^2}{\mu^2}$;

- c) $\frac{r}{c\Delta t}$;
 d) $\frac{a\tau}{\ell^2}$?

5. По какому уравнению определяется критерий Нуссельта при свободном движении теплоносителя (*одиночный выбор*):

- a) $Nu = C(Gr \cdot Pr)^n (Pr/Pr_{ст})^{0,25}$;
 b) $Nu = 0,17 Re^{0,33} Pr^{0,43} Gr^{0,1} \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$;
 c) $Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$;
 d) $Nu = C(Ga \cdot Pr \cdot K)^n$?

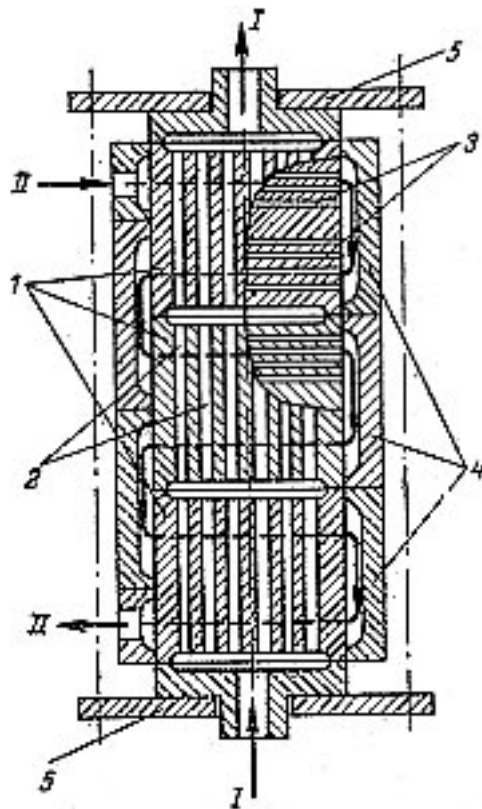
6. Каким образом определяется коэффициент теплопередачи для однослойной плоской стенки (*одиночный выбор*):

- a) $0,72 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r q}{\mu \Delta t d}}$;
 b) $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$;
 c) $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$;
 d) $1,15 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r q}{\mu \Delta t H}}$?

7. Как изменится поверхность теплопередачи, если средняя разность температур уменьшится в два раза (*одиночный выбор*):

- a) увеличится в два раза;
 b) уменьшится в два раза;
 c) не изменится;
 d) увеличится в четыре раза?

8. Конструкция какого теплообменника изображена на рисунке (*одиночный выбор*):



- a) змеевикового;
- b) блочного из графита;
- c) пластинчатого;
- d) с двойными трубами?

9. Каким образом определяется коэффициент теплоотдачи для одиночных вертикальных труб в случае пленочной конденсации (*одиночный выбор*):

- a) $0,72 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r q}{\mu \Delta t d}}$;
- b) $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$;
- c) $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$;
- d) $1,15 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r q}{\mu \Delta t H}}$?

10. Что такое температурная депрессия (*одиночный выбор*):

- a) разность между температурой кипения растворителя при давлении в среднем сечении труб и давлением в сепараторе;
- b) разность между температурой кипения раствора и температурой кипения чистого растворителя при данном давлении;
- c) разность между температурой вторичного пара в сепараторе и на входе в греющую камеру последующего аппарата;
- d) разность температур вторичного пара над раствором в выпарном аппарате и на входе в следующий аппарат?

Вариант 9 Уровень В

1. Две плоских параллельных пластины высотой имеют одинаковую площадь поверхности и нагреты до температур 230°C и 180°C соответственно. Определить степень черноты более нагретой пластины, если коэффициент теплоотдачи излучением от более нагретой пластины к менее нагретой составляет $16 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Коэффициент излучения менее нагретой пластины $5,4 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}^4$ (*одиночный выбор*):

- a) $\varepsilon_1 = 1$;
- b) $\varepsilon_1 = 0,67$;
- c) $\varepsilon_1 = 0,12$;
- d) $\varepsilon_1 = 0,85$.

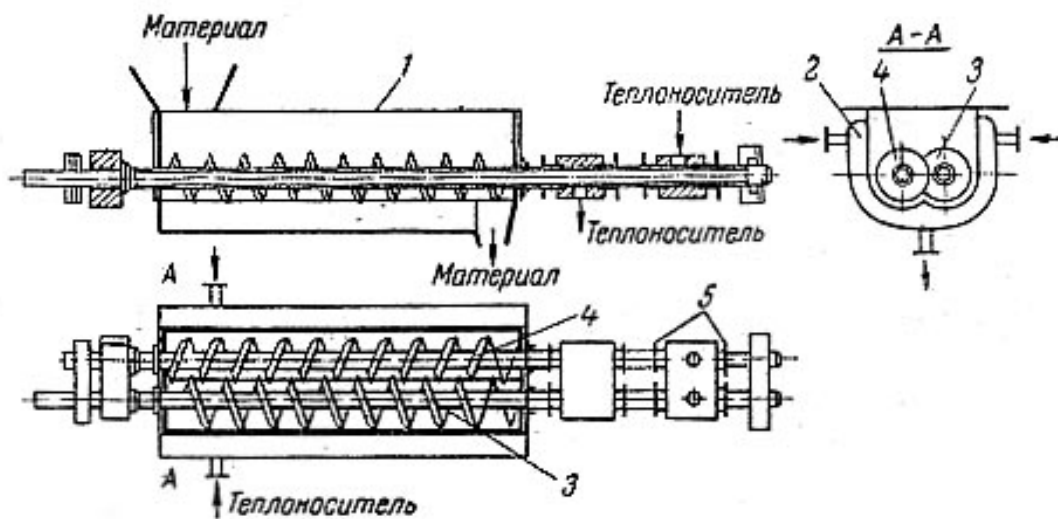
2. Как изменится величина коэффициента теплопередачи в теплообменном аппарате, изготовленном из стальных труб [коэффициент теплопроводности $46,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$] толщиной 4 мм, если на поверхности труб со стороны каждого из теплоносителей образуется слой накипи, тепловая проводимость которого составляет $1250 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$? Коэффициенты теплоотдачи теплоносителей $560 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ и $120 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ (*одиночный выбор*):

- a) увеличится на $10 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$;
- b) не изменится;
- c) уменьшится на 14%;
- d) уменьшится в 1,3 раза.

Вариант 10
Уровень А

1. Дайте определение серому телу (*одиночный выбор*):
- a) тело, отражающее все падающие на него лучи;
 - b) тело, пропускающее все падающие на него лучи;
 - c) тело, которое полностью поглощает все падающие на него лучи;
 - d) тело, коэффициент поглощения которого меньше единицы и не зависит от длины волны излучения.
2. Как определяется количество тепла, передаваемого посредством излучения от более нагретого твердого тела к менее нагретому телу (*одиночный выбор*):
- a) $Q = G_1 c_1 (t_{1н} - t_{1к}) = G_2 c_2 (t_{2н} - t_{2к})$;
 - b) $Q_{л} = C_{1-2} F \tau \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \varphi$;
 - c) $Q = \alpha (t_{ст} - t_{ж}) F \tau$;
 - d) $Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{ст1} - t_{ст2}) F \tau$?
3. По какому из представленных выражений определяется критерий Прандтля (*множественный выбор*):
- a) $\frac{c\mu}{\lambda}$;
 - b) $\frac{\alpha \ell}{\lambda}$;
 - c) $\frac{v}{a}$;
 - d) $\frac{a\tau}{\ell^2}$?
4. Что характеризует критерий Грасгофа (*одиночный выбор*):
- a) характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости;
 - b) характеризует подобие неустановившихся процессов теплообмена;
 - c) характеризует физико–химические свойства теплоносителя и является мерой подобия температурных и скоростных полей в потоке;
 - d) характеризует соотношение сил вязкого трения и подъемной силы, описывает режим свободного движения теплоносителя?

5. Конструкция какого теплообменника изображена на рисунке (одиночный выбор):



- a) змеевикового;
- b) спирального;
- c) пластинчатого;
- d) шнекового?

6. Каким образом определяется коэффициент теплоотдачи для одиночных горизонтальных труб в случае пленочной конденсации (одиночный выбор):

- a) $0,72 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r q}{\mu \Delta t d}}$;
- b) $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$;
- c) $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$;
- d) $1,15 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r q}{\mu \Delta t H}}$?

7. Каким образом определяется коэффициент теплопередачи для многослойной плоской стенки (одиночный выбор):

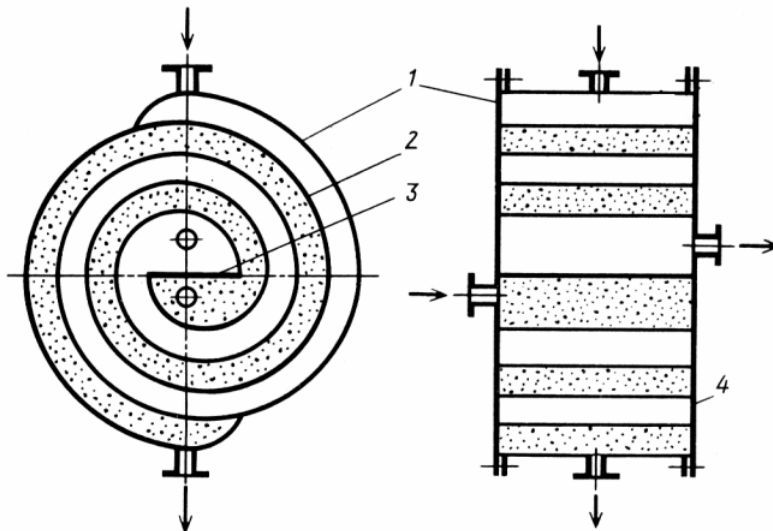
a) $0,72 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r q}{\mu \Delta t d}}$;

b) $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$;

c) $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$;

d) $1,15 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r q}{\mu \Delta t H}}$?

8. Какой теплообменник изображен на рисунке (одиночный выбор):



- a) змеевиковый;
- b) спиральный;
- c) пластинчатый;
- d) с двойными трубами?

9. Какое из приведенных уравнений является материальным балансом по растворенному веществу однокорпусной выпарной установки (одиночный выбор):

a) $G_H X_H = G_K X_K$;

b) $W_{n-1} i_{n-1} + G_{n-1} i_{p(n-1)} = G_n i_{pn} + W_{n-1} i_{\Gamma(n-1)} + W_n i_{нв.п} + Q_{пп}$;

c) $W = G_H - G_K$;

d) $Q = G_{II} (i_{II} - i_K) = G_H c_H (t_K - t_H) + W (i_{в.п} - c_K t_K) + Q_{дег} + Q_{пот}$?

10. Что является общей разностью температур процесса выпаривания однокорпусной установки (*одиночный выбор*):

- a) разность между температурой греющего пара и температурой кипения раствора;
- b) разность между температурами первичного и вторичного пара на выходе из аппарата;
- c) разность между температурой кипения раствора и температурой вторичного пара;
- d) разность температур кипения раствора в середине слоя и на его поверхности?

Вариант 10 Уровень В

1. Определить среднюю разность температур между *горячим* и *холодным* теплоносителями, которые могут двигаться как прямотоком, так и противотоком в теплообменном аппарате. Температуры *горячего* теплоносителя: начальная - 300°C, конечная - 210°C. Температуры *холодного* теплоносителя: начальная - 30°C, конечная - 120°C (*одиночный выбор*):

- a) $\Delta t_{\text{ср}}$:прямоток - 164°C, противоток - 180°C;
- b) $\Delta t_{\text{ср}}$:прямоток - 210°C, противоток - 165°C;
- c) $\Delta t_{\text{ср}}$:прямоток - 205°C, противоток - 205°C;
- d) $\Delta t_{\text{ср}}$:прямоток - 191°C, противоток - 211°C.

2. Определить тепловые потери за счет конвекции и излучения на погонный метр паропровода с наружным диаметром 0,2 м. Температура насыщенного пара 280°C, температура окружающего воздуха 25°C. Степень черноты материала трубопровода 0,8; а критериальная зависимость для конвективного теплообмена имеет вид $Nu = 0.56(Gr \cdot Pr)^{0.25}$. Теплофизические свойства воздуха: плотность – 0,8 кг/м³; динамическая вязкость – 23,8·10⁻⁶ Па·с; теплопроводность – 0,034 Вт/м·К; теплоемкость – 1030 Дж/кг·К; коэффициент объемного расширения – 3,7·10⁻³ К⁻¹ (*одиночный выбор*):

- a) $Q = 2,2$ кВт/м;
- b) $Q = 3810$ Вт/м;
- c) $Q = 850$ Вт/м;
- d) $Q = 50,5$ Вт/м.

Список библиографических источников

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А.Г. Касаткин. – 10-е изд., стереотип., дораб. - М.: Альянс, 2004. - 753с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. В 2 кн. Кн. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты: учебник для вузов / Ю.И. Дытнерский. – 2-е изд. - М.: Химия, 1995. - 400с.
3. Гельперин, Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В 2 кн. Кн. 1: учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов / Н.И.Гельперин. - М.: Химия, 1981. - 384 с.
4. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев. – М.: Энергия, 1973. – 319с.
5. Исаченко, В.П. Теплопередача: учебник для энергет. вузов / В.П Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сухомел - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1975. - 487 с.
6. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. В 2 кн. Кн. 1.: учебник / В.Г. Айнштейн [и др.]; под ред. В.Г. Айнштейна. - М.: Логос; Высш. шк., 2002. - 912с.
7. Основные определения и закономерности по курсу “Процессы и аппараты химической технологии”: учеб. пособие / А.С. Кувшинова [и др.]; Иван. гос. хим.- технол. ун-т. - Иваново, 2008. - 96с.

Составители:
Кувшинова Анастасия Сергеевна
Шибашов Антон Владимирович
Липин Александр Геннадьевич

Методические указания
для самостоятельной работы студентов по дисциплине
“Процессы и аппараты химической технологии”
(раздел “Тепловые процессы и аппараты”)

Редактор В.Л. Родичева

Подписано в печать 5.11.2014. Формат 60×84 1/16. Бумага писчая.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,10. Тираж 100 экз. Заказ

ФГБОУ ВПО Ивановский государственный
химико-технологический университет

Отпечатано на полиграфическом оборудовании
кафедры экономики и финансов ФГБОУ ВПО «ИГХТУ»
153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 7