

Экзаменационные задачи
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» для студентов 3 курса
специальности 6-05-0711-02 Переработка нефти и газа
и промышленный органический синтез

Задача Т-01

В противоточном теплообменнике охлаждается жидкий толуол от 90°C до 30°C. Жидкий охлаждающий агент на выходе из теплообменника имеет температуру 45°C. Определить начальную температуру охлаждающего агента. При расчетах принять: массовые расходы теплоносителей равны; потери тепла в окружающую среду составляют 10% от тепла горячего теплоносителя; теплоемкость холодного теплоносителя 4180 Дж/(кг·К).

Задача Т-02

Сравнить требуемые поверхности теплообмена противоточного и прямоточного холодильников одинаковой тепловой мощности при условии, что коэффициенты теплопередачи в них равны. Горячий теплоноситель поступает в холодильники при температуре 110°C, отводится из них при 60°C. Начальная температура холодного теплоносителя 20°C, конечная 40°C. Потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

Задача Т-03

В межтрубном пространстве кожухотрубчатого теплообменника с сегментными перегородками нагревается воздух под атмосферным давлением. Теплообменник состоит из 119 труб диаметром 25×2,5 мм. Средняя температура воздуха в нем 60°C, средняя скорость обтекания труб 12 м/с. Определить коэффициент теплопередачи в теплообменнике, приняв его на 10% меньше коэффициента теплоотдачи для воздуха.

Задача Т-04

В межтрубном пространстве кожухотрубчатого теплообменника конденсируется водяной пар под избыточным давлением 0,1 МПа. Пар подается с температурой 150°C в количестве 1,8 т/ч. Конденсат пара отводится при температуре 100°C. Определить массовый расход охлаждающей оборотной воды, если она нагревается на 20°C. Удельная теплоемкость водяного пара 1,9 кДж/(кг·К).

Задача Т-05

Определить необходимую поверхность противоточного теплообменника для охлаждения 2 т/ч этилового спирта от 80 до 40°C. Охлаждение производится водой с начальной температурой 20°C и расходом 2000 кг/ч. Коэффициент теплопередачи равен 300 Вт/(м²·К). Тепловые потери в окружающую среду составляют 10% от тепла отводимого от горячего теплоносителя.

Задача Т-06

Достаточна ли поверхность кожухотрубчатого теплообменника, состоящего из 19 медных труб диаметром 25×2 мм и длиной 2 м, для конденсации 1500 кг/ч насыщенного пара бутилового спирта. Коэффициент теплопередачи равен 900 Вт/(м²·К). Начальная температура охлаждающей воды 20°C, конечная 40°C. Конденсация паров происходит при атмосферном давлении, переохлаждения конденсата нет.

Задача Т-07

Вычислить значение коэффициента теплопередачи для теплообменника, состоящего из 389 труб диаметром 20×2 мм и длиной 4 м, при подогреве в нем 160 т/ч воды от 60 до 85°C сухим насыщенным водяным паром. Давление пара 3 ата, переохлаждение его конденсата нет. Тепловые потери в окружающую среду не учитывать.

Задача Т-08

Определить коэффициент теплопередачи для кожухотрубчатого теплообменника состоящего из 19 стальных труб диаметром $25 \times 2,5$ мм, если значения коэффициентов теплоотдачи для межтрубного пространства $12 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$, для трубного пространства $2000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$. Тепловая проводимость загрязнения поверхности труб со стороны одного теплоносителя $5 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$, термическое сопротивление загрязнения поверхности труб со стороны другого теплоносителя $0,001 \text{ м}^2 \text{ K}/\text{Вт}$.

Задача Т-09

Определить коэффициент теплопередачи для теплообменника типа «труба в трубе», используемого для подогрева воды от 20 до 80°C . Диаметр теплообменной трубы 25×2 мм. Диаметр кожуховой трубы $51 \times 2,5$ мм, ее длина 1,5 м. В межтрубном пространстве теплообменника конденсируется 12 кг/ч сухого насыщенного водяного пара при давлении 2,0 ата без переохлаждения конденсата. Потери тепла в окружающую среду составляют 10% от тепла, выделяющегося при конденсации пара.

Задача Т-10

Насыщенный пар метанола поступает в конденсатор при атмосферном давлении. Конденсат отводится из теплообменника при температуре насыщения. В качестве охлаждающего агента используется обратная вода с начальной температурой 25°C . Конечная температура обратной воды на 20 К меньше температуры жидкого метанола. Определить среднюю разность температур в конденсаторе.

Задача Т-11

В конденсаторе под атмосферным давлением получают 3,6 т/ч жидкого бензола. Пар бензола и его конденсат имеют температуру насыщения. Для охлаждения используется обратная вода, которая повышает свою температуру с 30 до 50°C . Определить массовый расход обратной воды в конденсаторе при условии, что тепловые потери составляют 8% от тепла, выделяющегося при конденсации.

Задача Т-12

Плотность теплового потока в испарителе толуола составляет $10 \text{ кВт}/\text{м}^2$. Жидкий толуол подается в аппарат при температуре насыщения и кипит под атмосферным давлением с образованием насыщенных паров. Обогрев ведется сухим насыщенным водяным паром, имеющим избыточное давление 0,3 МПа, переохлаждение конденсата отсутствует. Определить коэффициент теплопередачи в испарителе и его производительность по испаряемому толуолу. Поверхность теплопередачи испарителя 100 м^2 .

Задача В-01

В выпарном аппарате непрерывного действия: коэффициент теплопередачи от греющего пара к кипящему раствору составляет $1200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; плотность теплового потока $48 \text{ кВт}/\text{м}^2$; общая разность температур 60 К ; значение гидростатической депрессии 8°С ; гидравлическая депрессия незначительна. Определить значение температурной депрессии.

Задача В-02

Выпарной аппарат обогревается греющим паром с избыточным давлением $0,1 \text{ МПа}$. Давление вторичного пара над поверхностью кипящего раствора в нем 20 кПа . Гидростатическая, физико-химическая и гидравлическая депрессии составляют 7 К , 20 К и 3 К соответственно. Определить общую и полезную разность температур в выпарном аппарате.

Задача В-03

Раствор упаривается в вертикальном трубчатом аппарате непрерывного действия с естественной циркуляцией и кипением в трубах. Давление вторичного пара над раствором в аппарате 20 кПа . Высота кипящих труб выпарного аппарата 6 м . Среднее объемное паросодержание раствора $0,55 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Плотность упаренного раствора при температуре кипения $1300 \text{ кг}/\text{м}^3$. Физико-химическая депрессия для упаренного раствора составляет 20 К . Определить температуру кипения водного раствора.

Задача В-04

Выпарной аппарат непрерывного действия имеет поверхность теплообмена 160 м^2 . Давление греющего пара в нем $0,2 \text{ МПа}$, общая разность температур 60 К , физико-химическая депрессия – 18 К , гидростатическая – 10 К , гидравлическая – 2 К . Коэффициент теплопередачи в выпарном аппарате $1200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Определить тепловую мощность выпарного аппарата и расход сухого греющего насыщенного водяного пара.

Задача В-05

Определить общую и полезную разности температур для однокорпусной выпарной установки, если избыточное давление греющего насыщенного водяного пара $0,1 \text{ МПа}$, а вакуумметр, установленный на сепараторе выпарного аппарата, показывает 80 кПа . Физико-химическая и гидростатическая депрессии для водного раствора суммарно составляют – 38 К , гидравлическая депрессия – 2 К .

Задача В-06

Во второй корпус двухкорпусной выпарной установки поступает 3 т/ч 10% -го водного раствора, который упаривается до 40% (масс.). Определить производительность установки по исходному раствору и его концентрацию, если известно, что во втором корпусе выпаривается 60% всей удаляемой в установке влаги.

Задача В-07

Какое минимальное давление греющего пара обеспечивает работу 3-х корпусной прямоточной выпарной установки, если давление в барометрическом конденсаторе $0,02 \text{ МПа}$. Температурные потери для каждого корпуса составляют: $\Delta' = 13^\circ\text{С}$, $\Delta'' = 6^\circ\text{С}$, $\Delta''' = 1^\circ\text{С}$. Минимальная движущая сила на каждый корпус 10 К .

Задача А-01

В противоточный насадочный абсорбер на очистку подается газовая смесь с концентрацией целевого компонента 0,05 кмоль/кмоль, степень поглощения составляет 90%. Содержание абсорбата в поглотителе на входе в аппарат 0,00005 кмоль/кмоль, на выходе из аппарата 0,001 кмоль/кмоль. Уравнение равновесной прямой линии $Y^* = 30X$. Концентрации везде относительные молярные. Определить среднюю движущую силу процесса по газовой фазе.

Задача А-02

Определить высоту контактной зоны насадочного абсорбера, если значение высоты единицы переноса по газовой фазе 1,5 м. Начальная концентрация поглощаемого компонента в газе 0,05 кг/кг, конечная 0,01 кг/кг, конечная в жидкости 0,001 кг/кг (концентрации всюду относительные). Свежий поглотитель целевой компонент не содержит. Коэффициент распределения для равновесной прямой линии, выраженной в относительных массовых долях, равен 10.

Задача А-03

Уравнение равновесной линии противоточного абсорбера, выраженное в относительных молярных долях, $Y^* = 50X$. Объемный расход разделяемой газовой смеси, приведенный к нормальным условиям, составляет 8000 м³/ч. Концентрация абсорбата в исходной газовой смеси равна 4% (об.), в очищенной – 0,4% (об.). Свежий абсорбент не содержит абсорбат. Определить минимальный расход абсорбента (в кмоль/ч).

Задача А-04

Противоточный абсорбер предназначен для очистки 3600 м³/ч (при н. у.) газовой смеси, содержащей 3% (об.) поглощаемого компонента. В качестве поглотителя используется 17 м³/ч чистой воды с температурой 20°C. Из аппарата отводится абсорбент с содержанием поглощаемого компонента 0,004 кмоль/кмоль чистой воды. Определить степень поглощения.

Задача А-05

В аппарате, при температуре 20°C и абсолютном давлении 15 кгс/см², приведены в соприкосновение газовая смесь (5% об. сероводорода, остальное воздух), и вода, содержащая $1,0 \cdot 10^{-3}$ кмоль Н₂С/кмоль раствора. Определить какой процесс будет происходить в аппарате (абсорбция или десорбция) и движущую силу этого процесса по газовой фазе (в абсолютных молярных долях) в начальный момент времени.

Задача А-06

Уравнение равновесной линии абсорбера $y^* = 30x$ (составы фаз выражены в абсолютных молярных долях). Коэффициенты массоотдачи составляют 0,0002 кмоль/(м² с кмоль компонента/кмоль газовой фазы) и 0,0008 кмоль/(м² с кмоль компонента/кмоль жидкости). Определить величину коэффициента массопередачи по газовой фазе и сопоставить диффузионные сопротивления в фазах.

Задача А-07

Увеличится (уменьшится) и во сколько раз растворимость сероводорода в воде (его равновесная молярная доля в жидкости) при одновременном увеличении температуры в абсорбере с 20°C до 40°C и повышении давления с 1,0 до 2,0 МПа. При решении использовать закон Генри.

Задача А-08

В противоточный насадочный абсорбер подается на очистку $4500 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при нормальных условиях) газовой смеси, содержащей 8% (об.) целевого компонента. Абсорбер орошается чистой водой в количестве $260 \text{ м}^3/\text{ч}$. Концентрация целевого компонента в жидкости, вытекающей из низа абсорбера, $0,001 \text{ кмоль/кмоль}$ раствора. Определить содержание целевого компонента в газовой смеси на выходе из абсорбера.

Задача А-09

В аппарате в состоянии равновесия находится газовая смесь (5% (об.) сероводорода, остальное воздух) и вода при температуре 20°C и давлении $2,0 \text{ МПа}$. На сколько увеличится или уменьшится равновесная молярная доля сероводорода в воде после снижения давления в аппарате в 2 раза.

Задача Р-01

Ректификационная колонна непрерывного действия используется для разделения бинарной смеси. Расход жидкости в верхней части колонны составляет 160 кмоль/ч , в нижней 333 кмоль/ч . Уравнение рабочей линии $y = 0,7x + 0,28$. Определить расходы питания, дистиллята и кубовой жидкости (кмоль/ч).

Задача Р-02

В ректификационной колонне непрерывного действия разделяется 8 т/ч бинарной смеси метанол – этанол, содержащей 40% (мол.) НК. Из верха колонны выходит пар, содержащий 5% (мол.) ВК, из низа колонны отводится жидкость, содержащая 93% (мол.) ВК. Определить производительность (кг/ч) колонны по кубовому остатку и дистилляту.

Задача Р-03

В тарельчатой ректификационной колонне непрерывного действия разделяется 400 кмоль/ч бинарной смеси состава 55% (мол.) ВК. Подаваемая в колонну на верхнюю тарелку жидкость содержит 90% НК. Относительный молярный расход питания равен 2,5. Определить расход кубового остатка и его состав.

Задача Р-04

В дефлегматоре ректификационной установки непрерывного действия для разделения бинарной смеси оборотная вода в количестве 10 кг/с нагревается на 30°C . Удельная теплота конденсации паров в дефлегматоре 460 кДж/кг . Уравнение рабочей линии верхней части колонны $y = 0,6x + 0,36$. Расход кубового остатка $3,6 \text{ т/ч}$. Определить массовую производительность установки по исходной смеси. Потерями тепла в дефлегматоре пренебречь. Теплоемкость оборотной воды принять $4185 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$.

Задача Р-05

Уравнения рабочих линий ректификационной колонны непрерывного действия для разделения бинарной смеси $y = 2,5x - 0,08$ и $y = 0,65x + 0,33$. Определить составы кубового остатка, питания и дистиллята по ВК.

Задача Р-06

В атмосферной тарельчатой ректификационной колонне непрерывного действия разделяется смесь бензол – толуол. Содержание НК в кубовом остатке 5% мол., в исходной смеси – 40% мол., в дистилляте – 95% мол. Определить высоту тарельчатой части колонны, если: коэффициент избытка флегмы 1,5; эффективность тарелок 50%; межтарельчатое расстояние – 0,4 м.

Задача Р-07

Определить тепловую нагрузку дефлегматора ректификационной колонны непрерывного действия предназначенной для разделения бинарной смеси. Дистиллят считать за чистый бензол, расход его составляет 0,05 кмоль/с. Уравнение рабочей линии верха колонны $y = 0,6x + 0,25$. Удельная теплота конденсации паров в дефлегматоре 400 кДж/кг.

Задача Р-08

При разделении бинарной смеси в ректификационной колонне непрерывного действия под атмосферным давлением получают продукт с содержанием метанола 0,95 кмоль/кмоль. Содержание воды в исходной смеси составляет 0,80 кмоль/кмоль. Определить рабочее флегмовое число для указанных условий разделения, если коэффициент избытка флегмы равен 1,5.

Задача Р-09

Делитель флегмы ректификационной колонны непрерывного действия делит поток жидкости из дефлегматора в соотношении 2:1. Большой поток в количестве 200 кмоль/ч отводится для орошения верхней части колонны. Определить производительность колонны по продуктам разделения (кмоль/ч), если относительный мольный расход питания равен 2,5.

Задача С-01

Определить параметры влажного воздуха (энтальпию, влагосодержание, относительную влажность, значение точки росы, парциальное давление паров влаги), если показания психрометра составляют 30°C и 50°C. Решение схематично проиллюстрировать на диаграмме Рамзина.

Задача С-02

Определить параметры влажного воздуха (энтальпию, влагосодержание, относительную влажность, температуру, парциальное давление паров влаги), если температура точки росы 25°C, а значение температуры мокрого термометра отличается на 10°C. Решение схематически проиллюстрировать на диаграмме Рамзина.

Задача С-03

Определить расход сухого воздуха и тепла в теоретической сушилке, работающей по основной схеме. Температура атмосферного воздуха 25°C, его относительная влажность 60%. В процессе сушки из материала удаляется 100 кг/ч влаги, а потенциал снижается до значения 15°C. Энтальпия отработанного сушильного агента составляет 120 кДж/кг.

Задача С-04

Влагосодержание воздуха, поступающего во внешний калорифер, 0,006 кг/кг. Теоретическая сушилка работает по варианту с однократным промежуточным подогревом. Воздух в калориферах подогревается до 100°C. Определить конечные параметры влажного воздуха (энтальпию, влагосодержание, относительную влажность), выходящего из сушилки, если при контакте с высушиваемым материалом воздух увлажняется до $\varphi = 50\%$.

Задача С-05

Определить требуемую поверхность парового калорифера сушильной установки, если в него подается 3600 кг/ч воздуха с влагосодержанием 0,01 кг/кг и относительной влажностью 70%. Коэффициент теплопередачи для калорифера 100 Вт/(м²·К), энтальпия воздуха в нем повышается до 130 кДж/кг. Давление насыщенного водяного греющего пара в калорифере 0,3 МПа.

Задача С-06

В сушильную установку, работающей по основной схеме, поступает 3,6 т/ч материала с начальной влажностью 30% (считая на общую массу). Расход подаваемого сушильного агента составляет 7200 кг/ч, его начальное влагосодержание 0,050 кг/кг, а на выходе из сушилки 0,15 кг/кг. До какой конечной влажности может быть высушен материал при таких условиях?

Задача С-07

Сушильная установка работает по основной схеме. Поступающий в калорифер атмосферный воздух имеет температуру 20°C и относительную влажность $\varphi = 50\%$. В калорифере воздух нагревается до 150°C. В сушильной камере энтальпия воздуха уменьшается на 20 кДж/кг, а относительная влажность увеличивается до $\varphi = 70\%$. Определить среднюю движущую силу процесса сушки через влагосодержание.

Составил доцент Саевич Н.П.

Экзаменационные задачи рассмотрены и утверждены на заседании кафедры ПиАХП, протокол № 3 от 19 ноября 2025 г.