

Экзаменационные задачи
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» для студентов 3 курса
специальности 1-480102 на 2023-2024 учебный год

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 4184 Дж/(кг·К).

Задача Т-02

Сравнить поверхности теплообмена противоточного и прямоточного холодильников одинаковой тепловой мощности при условии, что коэффициенты теплопередачи в них равны. Горячий теплоноситель поступает в холодильник при температуре 110°C, отводится из него 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 $\varnothing 25 \times 2,5$ 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 паровой фазы 1,9 кДж/(кг·К).

Задача Т-05

Определить необходимую поверхность противоточного теплообменника предназначенного для охлаждения 2 т/ч этилового спирта от 80 до 40°C. Охлаждение производится водой, расход которой составляет 2000 кг/ч, а начальная температура 20°C. Коэффициент теплопередачи равен 300 Вт/(м²·К). Тепловые потери 10%.

Задача Т-06

Достаточна ли поверхность кожухотрубчатого теплообменника, состоящего из 19 медных труб диаметром $\varnothing 25 \times 2$ 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 $\varnothing 20 \times 2$ мм и длиной 4 м, при подогреве в нем 160 т/ч воды от 60 до 85°C насыщенным водяным паром. Давление пара 3 ата, тепловые потери не учитывать.

Задача Т-08

Определить требуемую длину трубчатки кожухотрубчатого вертикального испарителя, состоящего из 19 труб диаметром $\varnothing 38 \times 2$ мм, если в межтрубном пространстве его конденсируется 600 кг/ч сухого насыщенного водяного пара при абсолютном давлении 0,2 МПа. Коэффициент теплопередачи для испарителя 3000 Вт/(м²·К). В трубном пространстве теплообменника кипит жидкость при 90°C.

Задача Т-09

Определить коэффициент теплопередачи для кожухотрубчатого теплообменника состоящего из 19 стальных труб диаметром $\varnothing 25 \times 2,5$ мм, если значения коэффициентов теплоотдачи для межтрубного пространства 12 кВт/(м²·К), для трубного пространства 2000 Вт/(м²·К). Тепловая проводимость загрязнения поверхности труб со стороны одного теплоносителя 5 кВт/(м²·К), термическое сопротивление загрязнения поверхности труб со стороны другого теплоносителя 0,001 м² К/Вт.

Задача Т-10

Определить коэффициент теплопередачи для прямоточного теплообменника типа «труба в трубе» используемого для подогрева воды от 20 до 80°C. Диаметр внутренней трубы теплообменника $\varnothing 25 \times 2$ мм, наружной $\varnothing 51 \times 2,5$, длина 1,5 м. В кольцевом пространстве конденсируется насыщенный водяной пар при давлении 2,0 ата в количестве 12 кг/ч. Известно, что потери тепла в окружающую среду составляют 10% от тепла переданного нагреваемой воде.

Задача Т-11

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-12

В теплообменнике происходит охлаждение жидкого толуола от температуры 90°C до температуры 30°C. Охлаждающая вода нагревается от 20°C до 40°C. Определить соотношение массовых расходов теплоносителей, если потери тепла в окружающую среду составляют 10%.

Задача Т-13

В испарителе при атмосферном давлении получают насыщенный пар толуола. Обогрев производится насыщенным водяным паром влажностью 0,05 кг/кг под абсолютным давлением 0,4 МПа. Определить соотношение массовых расходов теплоносителей, если потери тепла в окружающую среду составляют 10%. Конденсат водяного пара не охлаждается, жидкий толуол подается при температуре насыщения.

Задача Т-14

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

Задача Т-15

В конденсаторе под атмосферным давлением конденсируется насыщенный пар бензола, жидкий бензол отводится при температуре насыщения. Для охлаждения используется оборотная вода в количестве 3,6 т/ч, которая повышает свою температуру с 30 до 50°C. Определить массовый расход бензола в конденсаторе при условии, что тепловые потери составляют 10% от тепла, выделяющегося при конденсации.

Задача Т-16

Плотность теплового потока в испарителе толуола составляет 10 кВт/м². Толуол кипит под атмосферным давлением. Обогрев ведется насыщенным водяным паром, имеющим избыточное давление 0,3 МПа. Определить коэффициент теплопередачи в испарителе и его производительность по испаряемому толуолу. Поверхность теплопередачи испарителя 100 м².

Задача В-01

В выпарном аппарате непрерывного действия: коэффициент теплопередачи от греющего пара к кипящему раствору составляет 1200 Вт/(м²·К); плотность теплового потока 48 кВт/м²; общая разность температур 60 К; значение гидростатической депрессии 8°C; гидравлическая депрессия незначительна. Определить значение температурной депрессии.

Задача В-02

В двухкорпусной выпарной установке непрерывного действия упаривается 6 т/ч раствора содержащего 10% (масс.) растворенного вещества. Расход упаренного раствора составляет 3 т/ч. Расход вторичного пара во втором корпусе 2 т/ч. Определить массовую долю растворенного вещества в растворах на входе и на выходе из второго корпуса.

Задача В-03

Выпарной аппарат обогревается греющим паром с избыточным давлением 0,1 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-04

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 м³/м³. Плотность упаренного раствора при температуре кипения 1300 кг/м³. Физико-химическая депрессия для упаренного раствора составляет 20 К. Определить температуру кипения водного раствора.

Задача В-05

В однокорпусной выпарной установке непрерывного действия из раствора удаляется 3600 кг/ч растворителя. Давление вторичного пара в его конденсаторе 0,02 МПа. Общая разность температур при выпаривании составляет 60 К. На подогрев раствора, его дегидратацию и тепловые потери затрачивается 12% от тепла, используемого на испарение растворителя. Определить приблизительно удельный расход греющего водяного пара. Гидравлическая депрессия незначительна.

Задача В-06

Выпарной аппарат непрерывного действия имеет поверхность теплообмена 160 м². Давление греющего пара в нем 0,2 МПа, общая разность температур 60 К, физико-химическая депрессия – 18 К, гидростатическая – 10 К, гидравлическая – 2 К. Коэффициент теплопередачи в выпарном аппарате 1200 Вт/(м²·К). Определить тепловую мощность выпарного аппарата и расход сухого греющего водяного пара.

Задача В-07

Определить общую и полезную разность температур для однокорпусной выпарной установки, если избыточное давление греющего пара 0,1 МПа, а вакуумметр, установленный на сепараторе выпарного аппарата, показывает 80 кПа. Физико-химическая и гидростатическая депрессии суммарно составляют – 38 К, гидравлическая депрессия – 2 К.

Задача В-08

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

Задача В-09

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

Задача В-10

Выпарной аппарат непрерывного действия имеет поверхность теплообмена 160 м². Давление греющего пара в нем 0,2 МПа, общая разность температур 60 К, физико-химическая депрессия – 18 К, гидростатическая – 10 К, гидравлическая – 2 К. Коэффициент теплопередачи в выпарном аппарате 1200 Вт/(м²·К). Определить тепловую мощность выпарного аппарата и расход сухого греющего водяного пара.

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 аппарата 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 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, из аппарата отводится отработанный 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 1,0·10⁻³ кмоль Н₂С/кмоль раствора. Определить какой процесс будет происходить в аппарате (абсорбция или десорбция) и движущую силу этого процесса по газовой и жидкой 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. Массоперенос в какой фазе является лимитирующей стадией массопередачи.

Задача А-07

В абсорбере из фазы в фазу переходит 0,1 кг/с абсорбтива. Массовая доля абсорбтива в газовой смеси изменяется от 0,03 кг/кг инертного газа до 0,006 кг/кг инертного газа. Плотность газовой смеси 4 кг/м³. Определить объемный расход газовой смеси на входе в абсорбер.

Задача А-08

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

Задача А-09

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 степень поглощения.

Задача А-10

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

Расход жидкости в верхней части ректификационной колонны непрерывного действия 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

Уравнение рабочей линии укрепляющей части ректификационной колонны непрерывного действия $y = 0,6x + 0,36$. Состав питания $0,3 \text{ кмоль/кмоль}$. Определить коэффициент избытка флегмы используя табличные данные о равновесии.

$x, \text{ кмоль/кмоль}$	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$y, \text{ кмоль/кмоль}$	0,00	0,42	0,56	0,67	0,73	0,78	0,83	0,87	0,92	0,96	1,00

Задача Р-03

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

Задача Р-04

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

Задача Р-05

В дефлегматоре ректификационной установки непрерывного действия для разделения бинарной смеси 10 кг/с оборотной воды нагреваются 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. Потери тепла в дефлегматоре пренебречь.

Задача Р-06

Уравнения рабочих линий ректификационной колонны непрерывного действия: $y = 2,5x - 0,08$; $y = 0,65x + 0,33$. Определить составы кубового остатка, питания и дистиллята по ВКК.

Задача Р-07

В тарельчатой ректификационной колонне непрерывного действия под атмосферным давлением подвергается разделению бинарная 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 известно, что колонна работает при коэффициенте избытка флегмы 1,5, эффективность тарелок составляет 50%, а межтарельчатое расстояние – 0,4 м.

Задача Р-08

Определить тепловую нагрузку дефлегматора ректификационной колонны. 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-09

При разделении бинарной смеси метанол–вода 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-10

Делитель флегмы ректификационной колонны 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, если из материала удаляется 100 кг/ч влаги. Температура атмосферного воздуха 25°C, его относительная влажность 60%. В процессе сушки потенциал снижается до значения 15 К. Энтальпия отработанного сушильного агента составляет 120 кДж/кг.

Задача С-04

Определить тепловой к.п.д. теоретической сушилки при удалении из материала свободной влаги, если процесс сушки идет при $I = 150$ кДж/кг. Параметры сушильного агента (воздуха) на входе в сушильную установку: температура 15°C ; относительная влажность $0,8$. Значение точки росы для воздуха покидающего сушильную камеру 35°C .

Задача С-05

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 выходящего из сушилки, если при контакте с высушиваемым материалом воздух увлажняется до $\varphi = 50\%$.

Задача С-06

Температура материала покидающего теоретическую сушилку 35°C . Значение потенциала сушки в начале процесса 75°C в конце 15°C . Определить расход сухого воздуха на сушку, если известно, что в процессе сушки удаляется только свободная влага в количестве $0,6$ кг/ч.

Задача С-07

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/($\text{m}^2 \cdot \text{K}$), энтальпия воздуха в нем повышается до 130 кДж/кг. Давление греющего пара $0,3$ МПа.

Задача С-08

В сушильную установку подается $3,6$ т/ч материала с начальной влажностью 30% (считая на общую массу). Расход сухих дымовых газов через сушилку составляет 7200 кг/ч, их 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-09

В теоретической сушилке, работающей по основной схеме, высушивается $3,6$ т/ч материала с начальной влажностью 30% до 10% (считая на общую массу). Определить расход воздуха подаваемого в сушильную установку, если парциальное давление влаги в нем до калорифера равно 10 мм рт. ст., а после сушильной камеры 45 мм рт. ст.

Задача С-10

Сушильная установка работает по основной схеме. Атмосферный воздух поступающий в калорифер имеет температуру 20°C и относительную влажность $\varphi = 50\%$. В калорифере воздух нагревается до 150°C . При контакте с высушиваемым материалом 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 и давление паров влаги.

Составил доцент Саевич Н.П.

Экзаменационные задачи рассмотрены и утверждены на заседании кафедры ПиАХП, протокол № 3 от 28 ноября 2023 г.