

ПиАХТ Калишук Д. Г.
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» (II часть)
для студентов III курса специальностей 1–48 01 01 и 1–48 01 04 (2023–2024 уч. год)

Задача 1. Избыточное давление греющего пара в выпарном аппарате 0,2 МПа. Давление вторичного пара над поверхностью кипящего раствора в нем 35 кПа. Гидростатическая и физико-химическая депрессии составляют 8 К и 30 К соответственно. Определить полезную разность температур в выпарном аппарате.

Задача 2. Плотность теплового потока в выпарном аппарате составляет 40 кВт/м². Общая разность температур в нем 50 К. Сумма всех депрессий в аппарате равна 18 К. Определить коэффициент теплопередачи от греющего пара к кипящему раствору.

Задача 3. Температура кипения водного раствора при атмосферном давлении на 20 град. выше температуры кипения воды при этом же давлении. Определить температуру кипения данного раствора при разрежении над его поверхностью 0,07 МПа.

Задача 4.. Определить температуру кипения водного раствора NaOH в выпарном аппарате с принудительной циркуляцией. Массовая доля NaOH в растворе, поступающем в аппарат 0,1453 кг/кг, массовая доля NaOH в упаренном растворе 0,4832 кг/кг. Давление вторичного пара над раствором 15 кПа.

Задача 5. Определить величину физико-химической депрессии в выпарном аппарате, если известно, что общая разность температур в нем 60 К, а полезная – 30 К. Гидравлическая депрессия в нем равна 2 К, а гидростатическая – 10 К.

Задача 6. Выпарной аппарат непрерывного действия имеет поверхность теплообмена 100 м². Давление греющего пара в нем 0,4 МПа, общая разность температур 60 град. Сумма гидростатической и физико-химической депрессий составляет 28 град., а гидравлическая – 2 град. Коэффициент теплопередачи в выпарном аппарате 1000 Вт/(м²·град). Определить тепловую мощность выпарного аппарата.

Задача 7. Расход тепла на выпаривание водного раствора в выпарном аппарате непрерывного действия составляет 5000 кВт. На подогрев раствора, его дегидратацию и тепловые потери расходуется 640 кВт тепловой энергии. Определить (приблизительно) производительность выпарного аппарата по исходному раствору. Упаренный раствор содержит 30% масс.. растворенного вещества, исходный – 15% масс. Давление вторичного пара над кипящим раствором атмосферное.

Задача 8. В противоточный теплообменник для охлаждения поступает жидкий бензол. В результате охлаждения бензол снижает свою температуру на 30 град. и конечная температура его становится равной 32°C. Охлаждающая вода на выходе из теплообменника имеет температуру 50°C. Средняя разность температур в теплообменнике 13 град. Определить температуру воды на входе в теплообменник. Среднюю разность температур рассчитывать как среднюю арифметическую.

Задача 9. Пар ацетона поступает в конденсатор при атмосферном давлении в состоянии насыщения. Конденсат из конденсатора отводится при температуре насыщения. Охлаждающая вода на входе в конденсатор имеет температуру 12°C, на выходе из него на 15 град. ниже температуры жидкого ацетона. Определить среднюю разность температур в конденсаторе.

Задача 10. Сопоставить поверхности теплообмена противоточного и прямоточного холодильников одинаковой тепловой мощности при условии, что коэффициенты теплопередачи в них равны. Горячий теплоноситель поступает в холодильник при температуре 100°C, отводится из него при 70°C. Начальная температура холодного теплоносителя 20°C, конечная – 50°C.

Задача 11. Теплообменник имеет поверхность трубного пучка 80 м² и используется для подогрева воды от 15°C до 75°C. Нагрев ведется насыщенным водяным паром, имеющим абсолютное давление 0,2 МПа. Коэффициент теплопередачи от пара к воде составляет 1000 Вт/(м²·град). Определить расход подогреваемой воды.

Задача 12..Теплообменник используется для охлаждения жидкого метанола от температуры 60°C до температуры 30°C. Охлаждающая вода имеет начальную температуру 15°C и нагревается на 20°. Определить соотношение массовых расходов метанола и воды в теплообменнике.

ПиАХТ Калишук Д. Г.

Задача 13. В межтрубное пространство кожухотрубчатого теплообменника с перегородками подается под атмосферным давлением. Наружный диаметр труб теплообменника 25 мм. Средняя температура воздуха в нем 50°C, средняя скорость обтекания труб 8 м/с. Определить коэффициент теплопередачи в теплообменнике, приняв его на 10% меньше коэффициента теплоотдачи воздуха.

Задача 14. Через трубное пространство двухходового теплообменника, имеющего 450 труб диаметром 25×2 мм, проходит 200 т/ч бензола, имеющего среднюю температуру 50°C. Средняя температура поверхности стенки со стороны бензола 70°C. Определить коэффициент теплоотдачи от стенки труб к бензолу.

Задача 15. Теплообменник имеет поверхность теплообмена 100 м² и используется для конденсации водяного насыщенного пара, имеющего абсолютное давление 0,15 МПа. Охлаждающая вода имеет начальную температуру 25°C и нагревается на 20 град. Определить расход конденсирующегося пара, если конденсат отводится при температуре насыщения. Коэффициент теплопередачи в теплообменнике равен 1200 Вт/(м²·град).

Задача 16. Коэффициент теплоотдачи от воды, охлаждаемой в теплообменнике типа «труба в трубе» равен 4000 Вт/(м²·К). Средняя температура воды 330 К, средняя температура поверхности стенки трубы со стороны воды 315 К. Внутренняя труба теплообменника, по которой движется вода, имеет диаметр 38×3 мм. Определить среднюю скорость воды, приняв режим движения ее турбулентным.

Задача 17. Водяной пар, имеющий начальную температуру 250°C поступает в конденсатор-холодильник, в котором охлаждается и конденсируется. Давление пара 0,4 МПа (абсолютное). Конденсат отводится из аппарата при температуре насыщения. Определить расход пара, если тепловая мощность конденсатора-холодильника 3 МВт.

Задача 18. Насыщенный пар толуола под атмосферным давлением поступает в конденсатор-холодильник. Жидкий толуол отводится из конденсатора-холодильника при температуре 70°C. Определить тепловую мощность конденсатора-холодильника, если расход пара толуола составляет 7000 кг/ч.

Задача 19. В испарителе под атмосферным давлением получают 4000 кг/ч пара пропилового спирта. Для обогрева испарителя используется водяной пар, имеющий влажность 0,05 кг/кг. Средняя разность температур в испарителе 33 град. Определить расход водяного пара на испарение пропилового спирта при условии, что тепловые потери составляют 3% от полезно затрачиваемого тепла.

Задача 20. До какой температуры будет нагрет воздух в водяном калорифере, если температура воды на входе в него 120°C, на выходе – 80°C. Начальная температура воздуха 15°C, расход его – 2000 м³/ч (при нормальных условиях), Расход воды через калорифер 0,2 кг/ч. Тепловые потери составляют 5% от полезно затрачиваемого количества тепла.

Задача 21. Определить тепловые потери с поверхности паропровода длиной 500 м. Паропровод изготовлен из стальной трубы диаметром 108×4,5 мм и покрыт слоем стекловаты толщиной 50 мм. По паропроводу движется насыщенный водяной пар давлением 1 МПа. Температура наружной поверхности тепловой изоляции 25°C. Температуру внутренней поверхности трубы принять равной температуре пара.

Задача 22. Определить тепловую мощность теплообменника поверхностью 100 м², предназначенного для нагрева бензола водяным паром. Средняя разность температур в теплообменнике 45 град. Коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к бензолу 500 Вт/(м²·град). Термические сопротивления загрязнений поверхностей труб со стороны бензола и водяного пара 2·10⁻⁴ м²·град/Вт и 1,2 м²·град/Вт. Термическим сопротивлением стенки трубы пренебречь. Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе 8000 Вт/(м²·град).

Задача 23. Определить поверхность теплообмена холодильника толуола, в котором он охлаждается от 110°C до 40°C. Расход толуола 9000 кг/ч. Коэффициент теплопередачи в холодильнике 400 Вт/(м²·град), средняя разность температур 20°.

Задача 24. В тарельчатой ректификационной колонне непрерывного действия под атмосферным давлением подвергается разделению бинарная смесь метанол – вода. Содержание метанола в кубовом остатке 5% мол., в исходной смеси – 25% мол., в дистилляте – 95% мол. Определить высоту тарельчатой части колонны, если известно, что колонна работает при коэффициенте избытка флегмы 1,5, эффективность тарелок составляет 0,5, а межтарельчатое расстояние – 0,4 м.

ПиАХТ Калишук Д. Г.

Задача 25. Уравнение равновесной линии абсорбера $y^* = 20x$ (составы фаз выражены в абсолютных молярных долях). Определить величину коэффициентов массопередачи по газовой и жидкой фазе и сопоставить диффузионные сопротивления в фазах. Коэффициент массоотдачи в газовой фазе $0,0002 \text{ кмоль}/(\text{м}^2 \text{ с кмоль}/\text{кмоль})$, в жидкой фазе $- 0,0008 \text{ кмоль}/(\text{м}^2 \text{ с кмоль}/\text{кмоль})$.

Задача 26. Определить удельный расход тепла и воздуха при сушке материала по простому сушильному варианту (теоретическая сушилка). Воздух, поступающий в сушилку, имеет температуру 150°C и влажностное содержание $0,01 \text{ кг}/\text{кг}$. Температура воздуха на выходе из сушилки 50°C . Его температура на входе в калорифер 25°C .

Задача 27. Из газовой фазы в жидкую фазу переходит $0,05 \text{ кг}/\text{с}$ абсорбтива. Массовая доля абсорбтива в газовой смеси: начальная – $0,035 \text{ кг}/\text{кг}$ инертного газа; конечная – $0,01 \text{ кг}/\text{кг}$ инертного газа. Плотность газовой смеси $5 \text{ кг}/\text{м}^3$. Определить объемный расход газовой смеси на входе в абсорбер.

Задача 28. Определить массовый расход паров ректификационной колонны. Дистиллят считать за чистый метанол, расход его составляет $0,03 \text{ кмоль}/\text{с}$. Уравнение рабочей линии верха колонны $y = 0,75x + 0,245$.

Задача 28. Избыточное давление греющего пара в выпарном аппарате $0,25 \text{ МПа}$. Давление вторичного пара над поверхностью кипящего раствора в нем 38 кПа . Гидростатическая и физико-химическая депрессии составляют суммарно 38 К . Определить полезную разность температур в выпарном аппарате.

Задача 29. Определить плотность теплового потока в выпарном аппарате. Общая разность температур в нем 54 К , а сумма всех депрессий – 26 К . Коэффициент теплопередачи от греющего пара к кипящему раствору равен $1200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Задача 30. Температура кипения водного раствора при атмосферном давлении на 25 град выше температуры кипения воды при этом же давлении. Определить температуру кипения данного раствора при избыточном давлении над его поверхностью $0,07 \text{ МПа}$.

Задача 31. При разделении бинарной смеси метанол-вода под атмосферным давлением получают дистиллят с содержанием метанола $0,96$ моль/моль. Содержание воды в исходной смеси составляет $0,75$ моль/моль. Определить минимальное флегмовое число для указанных условий разделения

Задача 32. Уравнение равновесной линии абсорбера $Y^* = 75X$. Y^* и X – относительные молярные доли абсорбата в газовой смеси и в жидкости в условиях равновесия соответственно. Объемный расход разделяемой газовой смеси, приведенный к нормальным условиям, составляет $18000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Концентрация абсорбата в исходной газовой смеси равна 2% об., в очищенной – $0,2\%$ об. Свежий абсорбент не содержит абсорбат. Определить минимальный расход абсорбента (в кмоль/ч)

Задача 33. В тарельчатой ректификационной колонне непрерывного действия под атмосферным давлением подвергается разделению бинарная смесь метанол – вода. Содержание метанола в кубовом остатке 4% мол., в исходной смеси – 35% мол., в дистилляте – 93% мол. Определить число тарелок укрепляющей части колонны, если известно, что колонна работает при коэффициенте избытка флегмы $1,6$, а эффективность тарелок составляет $0,55$.

Задача 34. Определить температуру кипения водного раствора КОН в выпарном аппарате с вынесенной зоной кипения. Массовая доля КОН в растворе, поступающем в аппарат $0,14 \text{ кг}/\text{кг}$. В результате выпаривания массовая доля растворенного вещества в растворе повышается в $2,5$ раза. Давление вторичного пара над раствором на 75 кПа ниже атмосферного

Задача 35. Выпарной аппарат непрерывного действия имеет производительность по исходному раствору $10800 \text{ кг}/\text{ч}$, по упаренному – $5400 \text{ кг}/\text{ч}$. Давление вторичного пара над кипящим раствором $0,02 \text{ МПа}$. На подогрев раствора, его дегидратацию и тепловые потери затрачивается 15% от тепла, используемого на испарение растворителя. Найти приближенно расход тепловой энергии, потребляемой в выпарном аппарате.

Задача 36. Теплообменник используется для подогрева воды от 25°C до 70°C . Нагрев ведется насыщенным водяным паром, имеющим избыточное давление $0,2 \text{ МПа}$. Коэффициент теплопередачи от пара к воде составляет $1200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$. Объемный расход подогреваемой воды на входе в теплообменник составляет $18 \text{ м}^3/\text{ч}$. Определить площадь поверхности трубного пучка теплообменника.

ПиАХТ Калишук Д. Г.

Задача 37. Коэффициент теплоотдачи от воды, охлаждаемой в трубном пространстве кожухотрубчатого теплообменника, составляет $6500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Средняя температура воды 333 К , средняя температура поверхности стенки трубы со стороны воды 328 К . Трубы теплообменника, по которым движется вода, имеют наружный диаметр 25 мм и толщину стенок 2 мм . Определить среднюю скорость воды, приняв режим ее движения турбулентным.

Задача 38. В конденсаторе под атмосферным давлением получают 4500 кг/ч жидкого пропанола. Пар пропанола и его конденсат имеют температуру насыщения. Для охлаждения используется вода, повышающая свою температуру с 296 до 323 К . Определить массовый расход воды в конденсаторе пропанола условия, что тепловые потери составляют 3% .

Задача 39. Равновесная линия абсорбера описывается уравнением $y^* = 15x$. Коэффициенты массоотдачи: в газовой фазе $0,0002 \text{ кмоль А}/(\text{м}^2 \text{ с кмоль А/кмоль С})$, в жидкой фазе – $0,0008 \text{ кмоль А}/(\text{м}^2 \text{ с кмоль А/кмоль Р})$. Определить величину коэффициента массопередачи по жидкой фазе и сопоставить диффузионные сопротивления в фазах. Уравнение равновесной линии представлено при выражении составов фаз в абсолютных молярных долях. Обозначения: А – абсорбтив; С – газовая смесь; Р – раствор.

Задача 40. В противоточном абсорбере, орошаемом чистой водой, из газовой смеси поглощается сероводород. Температура в абсорбере 25°С , давление $1,6 \text{ МПа}$. Концентрация сероводорода в газовой смеси на входе в абсорбер составляет $2\% \text{ об.}$, на выходе из него – $0,1\% \text{ об.}$ Определить относительную молярную долю сероводорода в воде на выходе из абсорбера. Коэффициент избытка поглотителя принять $1,4$.

Задача 41. Уравнение рабочей линии укрепляющей части ректификационной колонны непрерывного действия $y = 0,80 + 0,195x$. В колонне разделяется бинарная смесь метанол–вода. Определить молярную массу паров дистиллята и флегмы.

Задача 42. В ректификационной колонне непрерывного действия разделяют бинарную смесь бензол–толуол. В результате разделения получают 2000 кг/ч кубового остатка с содержанием труднолетучего компонента (ТЛК) $0,95 \text{ кмоль/кмоль}$. В исходной смеси содержание ТЛК составляет $0,60 \text{ кмоль/кмоль}$, в дистилляте – $0,04 \text{ кмоль/кмоль}$. Определить молярный расход исходной смеси.

Задача 43. Во сколько раз изменится растворимость диоксида углерода в воде (его равновесная молярная доля в жидкости) при снижении температуры в абсорбере с 25°С до 20°С и повышении давления в нем с $1,2$ до $1,5 \text{ МПа}$.

Задача 44. Расход абсорбтива, переходящего в абсорбере из газовой фазы в жидкую, равен 270 кг/ч . Относительная массовая доля абсорбтива в газовой смеси на входе в абсорбер составляет $0,042 \text{ кг абсорбтива/кг инертного газа}$; на выходе из абсорбера – $0,012 \text{ кг абсорбтива/кг инертного газа}$. Определить массовый расход газовой смеси на входе в абсорбер.

Задача 45. Определить поверхность теплообмена холодильника толуола, в котором он охлаждается от 110°С до 40°С . Расход толуола 9000 кг/ч . Коэффициент теплопередачи в холодильнике $400 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$, средняя разность температур 20° .

Задача 46. Плотность теплового потока в испарителе бензола составляет $12 \text{ кВт}/\text{м}^2$. Бензол кипит под атмосферным давлением. Обогрев ведется насыщенным водяным паром, имеющим температуру 115°С . Определить коэффициент теплопередачи в испарителе.

Задача 47. Определить среднюю движущую силу сушки (выраженную в единицах давления) в прямоточной сушилке. Воздух на входе в сушилку имеет температуру 100°С , а на выходе – 40°С при относительной влажности 50% . Воздух перед сушилкой подогревается в калорифере на 80°С . Относительная влажность воздуха, поступающего в калорифер, 70% . В сушилке удаляется свободная влага.

Задачи утверждены на заседании кафедры ПиАХП 28 ноября 2023 года, протокол №3.

Составил доцент Калишук Д. Г.