СПИСОК ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

по дисциплине
«Процессы и аппараты химической технологии»

Осенний семестр 2024/25 учебного года

I. Вопросы с выводом уравнений

Гидродинамика

1. Вывод уравнения неразрывности. Какой вид имеет это уравнение при стационарном течении несжимаемой среды?
2. Вывод уравнения неразрывности для неустановившегося потока жидкости.
3. Вывод уравнения Навье-Стокса для одномерного движения. Каков физический смысл слагаемых?
4. Подобное преобразование уравнений Навье-Стокса. Физический смысл критериев подобия.
5. Проведите подобное преобразование уравнений Навье-Стокса для неустановившегося течения с получением обобщенных переменных (критериев гидродинамического подобия). Каков общий вид критериального уравнения применительно к задаче определения потерь напора (давления)?
6. Проведите подобное преобразование уравнений Навье-Стокса для установившегося течения с получением обобщенных переменных (критериев гидродинамического подобия).
7. Преобразование уравнений Навье-Стокса для покоящейся жидкости. (Уравнения Эйлера, основное уравнение гидростатики, закон Паскаля).
8. Вывод дифференциальных уравнений Эйлера для течения идеальной жидкости. Чем отличается идеальная жидкость от реальной?
9. Вывод дифференциальных уравнений Эйлера равновесия жидкости.
10. Выведите основное уравнение гидростатики. Назовите практические приложения этого уравнения.
11. Вывод уравнения для распределения скорости по радиусу трубы при стационарном ламинарном течении.

12. Вывод уравнения неразрывности. Получите из уравнения неразрывности уравнение постоянства расхода для канала (трубопровода) с переменным поперечным сечением.
13. Вывод уравнения для расчета коэффициента гидравлического трения при ламинарном движении жидкости в трубе круглого поперечного сечения.
14. Вывод уравнения Бернулли для идеальной жидкости. Приведите примеры практического использования этого уравнения.
15. Вывод уравнения Бернулли для идеальной жидкости. Опишите особенности движения реальной жидкости. Приведите вид уравнения Бернулли для реальной жидкости. Каков его энергетический смысл?
16. Вывод уравнения, представляющего энергетический баланс движения идеальной жидкости. Каков физический смысл слагаемых этого уравнения?
17. Напор насоса, его энергетический смысл. Вывод формулы для расчета напора проектируемого к установке насоса.
18. Напор насоса, его энергетический смысл. Вывод формулы для расчёта напора насоса через показания манометра и вакуумметра.
19. Вывод формулы для расчета высоты всасывания насоса. От каких факторов зависит допустимая высота всасывания насосов? Ответ обоснуйте анализом формулы для расчета высоты всасывания.

Теплообмен

1. Потенциал переноса энергии и массы. Вывод уравнения переноса.
2. Вывод дифференциального уравнения конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа.
3. Вывод дифференциального уравнения конвективного теплообмена, описывающего распределение температур в движущейся жидкости для нестационарного процесса.
4. Перенос тепла конвекцией. Уравнение теплоотдачи. Подобное преобразование дифференциального уравнения конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа. Критерии Фурье, Нуссельта, Пекле, Прандтля.
5. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности для установившегося процесса (из уравнения Фурье-Кирхгофа).

6. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности для неустановившегося процесса (из уравнения Фурье-Кирхгофа). Каковы единицы измерения и физический смысл коэффициента теплопроводности?
7. Вывод уравнения аддитивности термических сопротивлений при теплопередаче для плоской стенки.
8. Вывод уравнений теплопроводности через однослойные и многослойные плоские стенки для стационарного процесса. Изобразите графически профили изменения температуры по толщине таких стенок, различающихся коэффициентами теплопроводности.
9. Вывод уравнений теплопроводности через цилиндрические стенки для стационарного процесса. При каких условиях можно практически пренебречь кривизной цилиндрической стенки, сведя задачу к теплопроводности через плоскую стенку?
10. Выведите уравнение, связывающее коэффициент теплопередачи с коэффициентами теплоотдачи при теплопередаче с постоянными температурами теплоносителей для плоской стенки. Какова единицы измерения и каков физический смысл этих коэффициентов?
11. Вывод уравнения для расчета средней движущей силы процесса теплопередачи при переменных температурах теплоносителей вдоль поверхности теплообмена при противотоке теплоносителей.
12. Вывод уравнения для расчета движущей силы теплопередачи при переменных температурах теплоносителей вдоль поверхности теплообмена.

II. Вопросы без вывода

Гидродинамика

1. Закон внутреннего трения Ньютона, приведите его вид с необходимыми пояснениями. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости.
2. Что такое гидравлический радиус и эквивалентный диаметр? Расчет эквивалентного диаметра в канале с некруглым поперечным сечением. Приведите примеры.
3. Охарактеризуйте ламинарное и турбулентное течения. Общие характеристики турбулентного течения. Изобразите, поясните и

сопоставьте профили скоростей в трубопроводе при турбулентном и ламинарном режимах.

4. Расчет диаметра трубопровода, выбор расчетных скоростей потока и примерные численные их значения для капельных жидкостей, газов, паров.
5. Определение гидравлического сопротивления в трубопроводах и аппаратах. Как определяются потери напора на трение при турбулентном движении?
6. Приведите и поясните графическую зависимость коэффициента гидравлического трения от критерия Рейнольдса и шероховатости стенки трубопровода при различных режимах течения жидкости.
7. Что такое «гидравлическая гладкость» при течении жидкостей по трубопроводам? Каковы условия, в которых она проявляется?
8. Расчет потери давления в трубопроводах на трение и местные сопротивления. Приведите формулы, необходимые при таком расчете.
9. Приведите с необходимыми пояснениями расчетную формулу для определения потерь давления (напора) при течении жидкостей через трубопроводы и каналы. От чего зависит величина коэффициента трения?
10. Принципы измерения скоростей и расходов жидкостей в трубопроводах, основанные на определении перепада давления.
11. Изобразите графически и сопоставьте зависимости между производительностью и напором центробежного и поршневого насоса.
12. Характеристика центробежного насоса и характеристика сети. Покажите, как определяется напор и мощность насоса при работе его на данную сеть.
13. Полезная и потребляемая мощность насоса. Коэффициент полезного действия насоса и его составляющие, поясните физический смысл каждого из них. Приведите с необходимыми пояснениями формулу для расчета мощности двигателя насоса.
14. Как влияет температура перекачиваемой жидкости на предельную высоту всасывания насосов? Ответ обоснуйте анализом формулы для расчёта высоты всасывания.

15. Рабочие характеристики центробежного и поршневого насосов, сопоставьте эти насосы по производительности, напору и КПД.

Теплообмен

1. Механизмы переноса энергии в форме теплоты в жидкостях и газах. Феноменологический закон переноса энергии Фурье.
2. Каковы достоинства и недостатки использования топочных газов в качестве теплоносителей для подвода тепла?
3. Температурное поле и температурный градиент.
4. Порядок расчёта площади поверхности теплопередачи теплообменников. Приведите соответствующие пояснения и обозначения, входящих в формулы величин.
5. Опишите молекулярный механизм переноса энергии. Приведите уравнение для удельного потока теплоты.
6. Определение толщины слоя тепловой изоляции.
7. Взаимное направление движения теплоносителей. Сравнение прямотока с противотоком.
8. Физический смысл тепловых критериев Нуссельта и Прандтля. Назовите примерные численные значения критерия Прандтля для газов и капельных жидкостей.
9. Как определяется количество теплоты, передаваемой лучеиспусканием при взаимном излучении двух тел?
10. Уравнения тепловых балансов при изменении и без изменения фазового состояния систем.
11. Напишите уравнения теплопередачи и теплоотдачи. Что является движущими силами этих процессов? Каковы единицы измерения и физический смысл коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи?
12. Уравнения тепловых балансов при изменении и без изменения фазового состояния систем.
13. Взаимное направление движения теплоносителей. Сравнение прямотока и смешанного тока.
14. Определение потерь тепла стенками аппаратов в окружающую среду.
15. Водяной пар как теплоноситель. Назовите области его применения, преимущества и недостатки перед другими теплоносителями. Какой пар

и почему чаще используется в качестве теплоносителя – насыщенный или перегретый? Как определяется расход пара при заданной тепловой нагрузке?

16. Каков общий вид критериального уравнения для расчета коэффициента теплоотдачи при принудительной конвекции без изменения агрегатного состояния. Приведите выражения соответствующих обобщенных переменных (критериев подобия).
17. Графически изобразите зависимости коэффициента теплоотдачи при кипении от разности температур между стенкой и кипящей жидкостью и от удельной тепловой нагрузки. Опишите основные режимы кипения.
18. Как осуществляется отвод конденсата при использовании водяного пара в качестве теплоносителя? Каково назначение и принципы действия конденсатоотводчиков?
19. Назовите и сопоставьте друг с другом основные теплоносители, используемые в химической промышленности для отвода теплоты.
20. Назовите и сопоставьте друг с другом основные теплоносители, используемые в химической промышленности для подвода теплоты.
21. Применение высокотемпературных промежуточных теплоносителей. Назовите области и способы их применения. Приведите примеры таких теплоносителей.
22. Взаимное излучение тел. Как определяется коэффициент взаимного излучения?
23. Каков общий вид критериального уравнения для расчета коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции? Опишите, как получено выражение для критерия Грасгофа (с необходимыми пояснениями и обозначениями входящих в него величин).
24. Как и почему влияет гидродинамический режим течения жидкости в трубе на коэффициент теплоотдачи? Изобразите и поясните примерные профили изменения скорости и температуры в поперечном сечении трубы при ламинарном и при турбулентном режимах.
25. Влияние взаимного направления движения теплоносителей на среднюю движущую силу процесса. В каких случаях средняя движущая сила не зависит от взаимного направления потоков?

26. Определение температуры стенок теплообменных аппаратов. Для каких целей требуется знать температуры стенок в ходе расчета теплообменных аппаратов?
27. Теплоотдача при конденсации (описание процесса). Что такое пленочная и капельная конденсация? От каких параметров зависит коэффициент теплоотдачи при конденсации.
28. Теплоотдача при кипении (описание процесса). Общий вид уравнений для определения коэффициента теплоотдачи при кипении.

III. Конструкции аппаратов

Гидродинамика

1. Какие вы знаете насосы объемного типа? Изобразите схему устройства и опишите действие одного из них.
2. Изобразите схему устройства и опишите действие поршневого насоса, сопоставив его с насосами других типов.
3. Изобразите схему устройства и опишите действие плунжерного насоса, сопоставив его с насосами других типов.
4. Изобразите схему устройства и опишите действие плунжерного насоса двойного действия, сопоставив его с плунжерным насосом простого действия.
5. Изобразите схему устройства и опишите действие мембранного (диафрагмового) поршневого насоса, назвав области его применения.
6. Изобразите схему устройства и опишите действие поршневого насоса двойного действия, сопоставив его с поршневым насосом простого действия.
7. Изобразите схему устройства и опишите действие монтежю, сопоставив его с насосами других типов и назвав области применения.
8. Изобразите схему устройства и опишите действие шестеренчатого насоса, сопоставив его с насосами других типов.
9. Изобразите схему устройства и опишите действие центробежного насоса, сопоставив его с насосами других типов.
10. Сопоставьте достоинства и недостатки центробежных и поршневых насосов, назвав основные области их применения.

11. Изобразите схему устройства и опишите действие одноступенчатого центробежного насоса, сопоставив его с многоступенчатым центробежным насосом.
12. Изобразите схему устройства и опишите действие центробежного и осевого (пропеллерного) насосов; сопоставьте их и назовите преимущественные области применения.
13. Изобразите схему устройства и опишите действие осевого (пропеллерного) насоса, сопоставив его с насосами других типов.

Теплообмен

1. Приведите схемы обогрева аппаратов «острым» и «глухим» паром.
2. Объясните принцип действия конденсатоотводчика. Приведите схему устройства.
3. Изобразите схему устройства кожухотрубного теплообменника. Укажите достоинства и недостатки этого аппарата.
4. Изобразите многоходовой по межтрубному пространству кожухотрубный теплообменник.
5. Изобразите любую конструкцию многоходового кожухотрубного теплообменника. Чем отличаются одноходовые теплообменники от многоходовых?
6. Какие Вы знаете конструкции теплообменников с компенсацией температурных удлинений труб и кожуха. Изобразите любую конструкцию по вашему выбору.
7. Изобразите схему устройства кожухотрубного и двухтрубного («труба в трубе») теплообменников. Сопоставьте достоинства и недостатки этих аппаратов и назовите области их применения.
8. Изобразите схему устройства и опишите принцип действия теплообменника "труба в трубе". Сопоставьте эти теплообменники с кожухотрубными.
9. Изобразите схему устройства и опишите принцип действия пластинчатого теплообменника для жидкостей. Сопоставьте достоинства и недостатки этого аппарата с кожухотрубным теплообменником.
10. Изобразите схему устройства спирального теплообменника. Укажите достоинства и недостатки этого аппарата.

11. Изобразите схему устройства и опишите принцип действия оросительных холодильников. Укажите их достоинства и недостатки.
12. Изобразите схему устройства и опишите принцип действия погружных (змеевиковых) теплообменников. Укажите их достоинства и недостатки, области применения.
13. Приведите схему устройства любого известного вам смесительного теплообменника.
14. Изобразите известные вам схемы устройства градирен. Для чего они используются?