

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

« 14 » апреля 2021 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине (модулю)

Б1.В.ДВ.03.02 "Оптимизация технологических процессов и оборудования"

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Оборудование нефтегазопереработки

(наименование профиля/направленности/специализации)

квалификация бакалавр

Формы обучения:

очная, очно-заочная

Нижекамск, 2021

Составитель ФОС:
доцент каф. МАХП
(должность)

(подпись)

И.А. Сабанаев
(И.О. Фамилия)

ФОС рассмотрен и одобрена на заседании кафедры МАХП
протокол № 7 от «10» марта 2021 г.

Заведующий кафедрой

(подпись)

И.А. Сабанаев
(И.О. Фамилия)

Эксперт:

Руководитель ООП, Мадышев И.Н. доцент каф. МАХП НХТИ
Ф.И.О., должность, организация,

подпись

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

| Индекс Компетенции | Содержание компетенции | Этапы формирования компетенции (указать все темы из РПД) | | |
|-----------------------|--|---|------------------------------|------------------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные |
| ПК-15 | способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты; | Тема 1, Тема 3 Тема 4 | Тема 1, Тема 3 Тема 4 | Тема 1, Тема 3 Тема 4 |
| ПК-16 | способность моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности. | Тема 1, Тема 2, Тема 4 | Тема 1, Тема 2, Тема 4 | Тема 1, Тема 2, Тема 4 |
| ПК-17 | способность участвовать в проектировании отдельных стадий технологических процессов с использованием современных информационных технологий | Тема 2, Тема 3 | Тема 2, Тема 3 | Тема 2, Тема 3 |

Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

| Название | Кол-во | <i>Min, баллов (базовый уровень)</i> | <i>Max, баллов (повышенный уровень)</i> |
|--|--------|--|---|
| Лекции | 7 | 7 | 7 |
| Практические (лабораторные) занятия | 7 | 28 | 14 |
| Лабораторные занятия | | | |
| Рефераты | 1 | 4 | 10 |
| Собеседование | 2 | 8 | 20 |
| Тесты | 2 | 8 | 20 |
| Контрольная работа | 1 | 5 | 15 |
| Итого | | 60 | 100 |

Показатели и критерии оценивания компетенций с описанием шкал оценивания (формируются в ОП по направлению подготовки и вставляются в рабочую программу после её утверждения)

| <i>Индекс компетенции</i> | <i>Содержание компетенции</i> | <i>Уровни освоения компетенции</i> | | |
|----------------------------------|--|--|---|--|
| | | <i>Пороговый</i> | <i>Продвинутый</i> | <i>Превосходный</i> |
| ПК-15 | способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты | <p>Знать: начала теории и практики анализа решения проблемы, отраженных в научной литературе; как правильно формулировать задачу исследования.</p> <p>Уметь: анализировать построенные ранее теории для решения аналогичных задач.</p> <p>Владеть: основными методами проведения лабораторных и производственных экспериментов, типовыми приемами интерпретирования и представления результатов научных исследований.</p> | <p>Знать: основные этапы стадии конструирования научно-технического исследования: этап определения задач, этап исследования условий решения, этап создания программы исследования.</p> <p>Уметь: использовать результаты опытно-экспериментальных работ для подтверждения или опровержения предварительно сделанных теоретических построений и гипотез.</p> <p>Владеть: методами детальной апробации результатов исследований, их литературного оформления и публикации.</p> | <p>Знать: в полной мере методологию планирования технологической фазы научного исследования, состоящего из теоретического и эмпирического этапов.</p> <p>Уметь: проводить измерения с использованием новейших измерительных систем, обеспечивающих достоверность экспериментальных исследований и произвести обработку и оценку результатов измерений.</p> <p>Владеть: навыками анализа и систематизации результатов исследований, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций; подготовки данных для составления обзоров.</p> |
| ПК-16 | способность моделировать энерго- и | Знать: на удовлетворительном уровне теорию и способы | Знать: основы методов математического | Знать: на системном уровне методологию |

| | | | | |
|-------|--|---|---|--|
| | ресурсосберегающие процессы в промышленности | <p>математического моделирования в проектировании процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p> <p>Уметь: использовать готовые модели технологических процессов с целью получения результатов.</p> <p>Владеть: основами методов математического моделирования и оптимизации проектирования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p> | <p>моделирования в проектировании процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p> <p>Уметь: разрабатывать модели несложных технологических процессов, получать результаты моделирования.</p> <p>Владеть: на хорошем уровне методами математического моделирования и оптимизации проектирования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p> | <p>математического моделирования в проектировании процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p> <p>Уметь: на основе моделирования обосновывать применение современных технологий для обеспечения стратегии устойчивого развития технологических процессов.</p> <p>Владеть: на отличном уровне методами математического моделирования и оптимизации проектирования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p> |
| ПК-17 | способность участвовать в проектировании отдельных стадий технологических процессов с использованием современных информационных технологий | <p>Знать: основы проектирования структуры материальных потоков, теплообменных и массообменных процессов; выбора аппарата.</p> <p>Уметь: на удовлетворительном уровне применять современные технологии для проектирования отдельных стадий производственных процессов с выявлением</p> | <p>Знать: приемы эффективного проектирования структуры материальных потоков, механических, гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов; выбора аппарата.</p> <p>Уметь: на хорошем уровне применять современные технологии для проектирования отдельных</p> | <p>Знать: технологию проектирования механических, гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов, а также структуры материальных и энергетических потоков; выбора аппарата.</p> <p>Уметь: грамотно применять современные технологии для проектирования отдельных</p> |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | <p>оптимальных и рациональных режимов работы оборудования.</p> <p>Владеть: удовлетворительными навыками проектирования отдельных технологических стадий производственных процессов с использованием соответствующего программного обеспечения.</p> | <p>стадий производственных процессов с выявлением оптимальных и рациональных режимов работы оборудования.</p> <p>Владеть: способами самостоятельного проектирования отдельных технологических стадий производственных процессов с использованием соответствующего программного обеспечения.</p> | <p>стадий производственных процессов с выявлением оптимальных и рациональных режимов работы оборудования.</p> <p>Владеть: приемами и методами эффективного и рационального проектирования отдельных технологических стадий производственных процессов с использованием соответствующего программного и информационного обеспечения.</p> |
|--|--|---|--|--|

Шкала оценивания

| Цифровое выражение | Выражение в баллах: | Словесное выражение | Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля: |
|--------------------|---------------------|---------------------|--|
| | | | экзамен / зачет с оценкой |
| 5 | 87 - 100 | Отлично | Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий |
| 4 | 74 - 86 | Хорошо | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос. |
| 3 | 60 - 73 | Удовлетворительно | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала. |
| 2 | Ниже 60 | Неудовлетворительно | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному |

Перечень и краткая характеристика оценочных средств

| №п/п | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в фонде |
|------|----------------------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Контрольная работа | Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу. | Комплект контрольных заданий по вариантам |
| 2 | кейс-задание | Проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы. | Комплект заданий для выполнения кейс-задачи |
| 3 | Реферат | Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. | Темы рефератов |
| 5 | Собеседование | Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. | Вопросы по темам/разделам дисциплины |
| 6 | Тест | Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. | Фонд тестовых заданий |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Оборудование нефтегазопереработки

(наименование профиля/направленности/специализации)

Темы для собеседования

по дисциплине: «Оптимизация технологических процессов и оборудования»

(наименование дисциплины)

1. Основные направления интенсификации тепломассообменных процессов в технологических аппаратах.
2. Способы интенсификации теплообменных процессов.
3. Основные методы интенсификации конвективного теплообмена в каналах.
4. Выбор рационального способа интенсификации теплообменного процесса.
5. Сравнительная эффективность методов интенсификации теплообмена.
6. Оценка способа интенсификации теплообмена с помощью коэффициента теплоэнергетической эффективности.
7. Выбор оптимальной скорости в канале теплообменника.
8. Дискретно-шероховатые поверхности теплообмена.
9. Каналы со сплошной шероховатостью стенки.
10. Каналы с поперечными кольцевыми выступами.
11. Каналы со спиральными выступами и пружинными вставками.
12. Кольцевые и спиральные канавки на поверхности теплообмена.
13. Сферические углубления на поверхности теплообмена.
14. Каналы с винтовой накаткой.
15. Каналы со спирально-винтовыми проволочными вставками.
16. Каналы с поперечной дискретной шероховатостью.
17. Конструктивные способы интенсификации теплообмена.
18. Интенсификация закруткой потока теплоносителя.
19. Теплообмен в каналах типа конфузور-диффузор.
20. Развитые (оребрённые) поверхности теплообмена.
21. Интенсификация теплообмена при многократном диспергировании жидкости.
22. Интенсификация теплообмена при пленочном течении.
23. Способы интенсификации массообменных процессов.
24. Влияние структуры потоков на работу колонных массообменных аппаратов.
25. Определение оптимальных параметров процесса ректификации.
26. Определение оптимального флегмового числа.

27. Повышение производительности и эффективности массообменных процессов.
28. Некоторые правила разделения многокомпонентных смесей.
29. Мембранные процессы.
30. Влияние химических реакций на процессы абсорбции.
31. Сверхкритические флюиды. Свойства СКФ, область применения, достоинства СКФ технологий.
32. Перспективы развития технологий для разделения веществ.

Критерии оценки:

Минимальное число баллов – 7 баллов выставляется при недостаточной степени раскрытия темы в ходе своего выступления, приведения нечетких аргументов и не вполне активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

Максимальное число баллов – 15 баллов выставляется при полноценном раскрытии темы в ходе своего выступления, приведения четких аргументов и доказательств, а также активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Оборудование нефтегазопереработки

(наименование профиля/направленности/специализации)

Комплект заданий для решения кейс-задачи

по дисциплине: «Оптимизация технологических процессов и оборудования»

(наименование дисциплины)

Задача 1

Сущность интенсификации тепломассообменных процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

1. Основные направления интенсификации тепломассообменных процессов в технологических аппаратах.
2. Способы интенсификации теплообменных процессов.

Задача 2

Классификация и эффективность методов интенсификации теплообмена.

1. Основные методы интенсификации конвективного теплообмена в каналах.
2. Сравнительная эффективность методов интенсификации теплообмена.

Задача 3

Конструктивные способы интенсификации теплообмена.

1. Интенсификация закруткой потока теплоносителя. Теплообмен в каналах типа конфузور-диффузор. Развитые (оребрённые) поверхности теплообмена.
2. Интенсификация теплообмена при многократном диспергировании жидкости. Интенсификация теплообмена при плёночном течении.

Задача 4

Интенсификации теплообмена при ламинарном течении в каналах с дискретной шероховатостью.

1. Каналы с винтовой накаткой. Каналы со спирально-винтовыми проволочными вставками.
2. Каналы с поперечной дискретной шероховатостью.

Задача 5

Дискретно-шероховатые каналы при турбулентном течении теплоносителя.

1. Каналы со сплошной шероховатостью стенки. Каналы с поперечными кольцевыми выступами.
2. Каналы со спиральными выступами и пружинными вставками. Кольцевые и спиральные канавки на поверхности теплообмена.

Задача 6

Интенсификация массообменных процессов при ректификации смесей.

1. Определение оптимальных параметров процесса ректификации. Определение оптимального флегмового числа.
2. Повышение производительности и эффективности массообменных процессов. Некоторые правила разделения многокомпонентных смесей.

Критерии оценки:

Ü 15 баллов выставляется студенту, если четко представлял свою позицию, аргументировал точку зрения, критически оценивал аргументы других студентов, подтверждая глубокое знание материала, умение использовать нормативные документы, научную литературу для подтверждения правильности собственной позиции;

Ü 11 баллов выставляется студенту, если четко представлял свою позицию, аргументировал точку зрения, оценивал аргументы других студентов, подтверждая знание материала, умение использовать нормативные документы для подтверждения правильности собственной позиции;

Ü 7 баллов выставляется студенту, если представлял свою позицию, аргументировал точку зрения, подтверждая знание материала, умение использовать нормативные документы для подтверждения правильности собственной позиции;

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Оборудование нефтегазопереработки

(наименование профиля/направленности/специализации)

Темы для рефератов

1. Требования к теплообменникам.
2. Способы интенсификации теплообменных процессов.
3. Аппараты воздушного охлаждения. Особенности проектирования современных аппаратов воздушного охлаждения
4. Управление АВО
5. Выбор рационального способа интенсификации теплообменного процесса.
6. Интенсификация теплообмена в трубчатых печах.
7. Оценка способа интенсификации теплообмена с помощью коэффициента теплоэнергетической эффективности.
8. Выбор оптимальной скорости в канале теплообменника.
9. Способы борьбы с отложениями на поверхностях теплообмена (магнитная обработка воды, ультразвуковой метод).
- Ю. Химическая очистка поверхности теплообмена.
11. Механическая очистка поверхности теплообмена.
12. Ультразвуковая очистка поверхности теплообмена.
13. Электрогидроимпульсная очистка поверхности теплообмена.
14. Очистка поверхности теплообмена высоконапорными агрегатами.
15. Влияние структуры потоков на работу колонных массообменных аппаратов.
16. Способы интенсификации массообменных процессов.
17. Определение оптимальных параметров процесса ректификации.
18. Определение оптимального флегмового числа упрощенным методом.
19. Повышение производительности и эффективности массообменных процессов.
20. Некоторые правила разделения многокомпонентных смесей.
21. Мембранные процессы.
22. Влияние химических реакций на процессы абсорбции
23. Сверхкритические флюиды. Свойства СКФ, область применения, достоинства СКФ технологий.
24. Структурный анализ химико-технологических систем.
25. Расчет разомкнутых ХТС.

26.Расчет замкнутых ХТС.

27.Алгоритм нахождения вычислительной последовательности ХТС.

28.Перспективы развития технологий для разделения веществ.

Критерии оценки:

Минимальное число баллов – 6 баллов выставляется при недостаточной степени раскрытия темы в ходе своего выступления, приведения нечетких аргументов и не вполне активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

Максимальное число баллов – 14 баллов выставляется при полноценном раскрытии темы в ходе своего выступления, приведения четких аргументов и доказательств, а также активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Оборудование нефтегазопереработки

(наименование профиля/направленности/специализации)

Темы рефератов

по дисциплине «Оптимизация технологических процессов и оборудования»

(наименование дисциплины)

1. Физические основы аналогии процессов переноса теплоты и импульса.
2. Определение тепловой мощности и затраченной мощности в процессе теплопередачи.
3. Инженерная модель турбулентного переноса теплоты и импульса.
4. Понятие «интенсифицированная поверхность теплопередачи».
5. Методы интенсификации процессов переноса теплоты и импульса.
6. Физические методы воздействия на основное термическое сопротивление теплопередачи.
7. Формирование структуры потока теплоносителя на входных участках каналов круглого и некруглого поперечного сечения.
8. Организация течений во входных (начальных) участках каналах как метод интенсификации теплопередачи.
9. Понятие энергетическая эффективность.
10. Снижение гидродинамического сопротивления в каналах с интенсификацией как метод повышения энергетической эффективности теплопередающих систем.
11. Особенности течения и теплообмена в каналах с отрывом и присоединением потока теплоносителя.
12. Локальные гидродинамические характеристики при поперечном обтекании теплопередающих каналов.
13. Локальная теплоотдача на поверхности поперечноомываемого канала.
14. Традиционные компоновки пучков труб «коридорные» и «шахматные». Характер обтекания и особенности теплогидродинамических процессов.
15. Теплоотдача и гидродинамическое сопротивление при течениях теплоносителя в межтрубных каналах трубных пучков (Нормативный метод).
16. Нетрадиционные компоновки пучков труб, особенности течения и теплообмена в пучках «конфузорно-диффузорного» типа.

17. Локальная теплоотдача вдоль периметра при обтекании труб в пучках «извилистого» типа.
18. Локальное распределение поверхностного трения при омывании труб в пучках «диффузорного» типа.
19. Локальное статическое давление на поверхности труб в пучках «конфузорного» типа.
20. Локальная теплоотдача вдоль периметра при обтекании труб в пучках «конфузорного» типа.
21. Локальное трение на поверхности труб в пучках «коридорно-диффузорного» типа.
22. Локальная теплоотдача труб в пучках «коридорно-диффузорного» типа.
23. Гидродинамическое сопротивление пучков труб «конфузорно-диффузорного» типа в сравнении с сопротивлением традиционных пучков.
24. Средняя теплоотдача пучков труб «конфузорно-диффузорного» типа по сравнению с теплоотдачей традиционных пучков.

Критерии оценки:

Минимальное число баллов – 6 баллов выставляется при недостаточной степени раскрытия темы в ходе своего выступления, приведения нечетких аргументов и не вполне активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

Максимальное число баллов – 14 баллов выставляется при полноценном раскрытии темы в ходе своего выступления, приведения четких аргументов и доказательств, а также активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Оборудование нефтегазопереработки

(наименование профиля/направленности/специализации)

Комплект заданий для контрольной работы
по дисциплине «Интенсификация тепломассообменных процессов»
(наименование дисциплины)

Контрольная работа включает только одну задачу. Студент решает эту задачу в соответствии с заданным вариантом. Для всех вариантов дается единое задание. Варианты определяются по таблице 1. Каждый вариант предполагает расчет одного холодильника. Параметры стандартных холодильников заданы в таблице 2.

Для охлаждения дистиллированной воды от температуры $T_{1г}$ до температуры $T_{2г}$ используется стандартный одноходовый холодильник, параметры которого заданы в таблице 2. Массовый расход воды составляет $G = 2$ кг/с. Охлаждающим агентом является техническая вода, нагревающаяся от температуры $T_{1х}$ до температуры $T_{2х}$. Материал труб теплообменника – Сталь 20: коэффициент теплопроводности стали $\lambda = 46,5$ Вт / (м · град). Массовая теплоемкость воды равна $c_p = 4180$ Дж/кг.

В контрольной работе для заданного варианта требуется:

- 1) рассчитать интенсивность теплообмена по схеме прямотока;
- 2) рассчитать интенсивность теплообмена по схеме противотока;
- 3) определить на сколько процентов увеличивается интенсивность теплообмена при переходе от прямотока к противотоку;
- 4) рассчитать эффективность теплообмена по схеме прямотока;
- 5) рассчитать эффективность теплообмена по схеме противотока;
- 6) определить на сколько процентов увеличивается эффективность теплообмена при переходе от прямотока к противотоку.
- 7) определить, на сколько процентов уменьшится интенсивность теплообмена и эффективность холодильника, если и с внутренней, и с наружной сторон трубы образуются загрязнения толщиной по 1 мм, теплопроводность которого равна 0,5 Дж/кг·с.

Таблица 1. Исходные данные для вариантов заданий

| № вар | $T_{1г}$ | $T_{2г}$ | $T_{1х}$ | $T_{2х}$ | α_1 | α_2 |
|-------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|
| 1 | 82 | 62 | 20 | 32 | 16 | 23 |
| 2 | 87 | 63 | 23 | 41 | 17 | 18 |
| 3 | 72 | 61 | 16 | 42 | 5 | 18 |
| 4 | 80 | 59 | 25 | 35 | 5 | 9 |
| 5 | 92 | 52 | 14 | 41 | 6 | 5 |

| | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 6 | 75 | 45 | 23 | 32 | 21 | 11 |
| 7 | 85 | 50 | 15 | 36 | 4 | 21 |
| 8 | 84 | 43 | 12 | 38 | 11 | 21 |
| 9 | 92 | 41 | 17 | 30 | 12 | 8 |
| 10 | 88 | 57 | 18 | 33 | 13 | 20 |
| 11 | 79 | 51 | 19 | 41 | 25 | 17 |
| 12 | 94 | 60 | 14 | 35 | 8 | 5 |
| 13 | 65 | 59 | 21 | 32 | 25 | 22 |
| 14 | 91 | 60 | 11 | 37 | 26 | 21 |
| 15 | 74 | 47 | 20 | 33 | 15 | 24 |
| 16 | 68 | 56 | 24 | 32 | 13 | 25 |
| 17 | 95 | 54 | 12 | 39 | 15 | 18 |
| 18 | 79 | 45 | 13 | 41 | 5 | 9 |
| 19 | 71 | 59 | 24 | 32 | 21 | 14 |
| 20 | 85 | 52 | 18 | 34 | 7 | 16 |
| 21 | 70 | 48 | 19 | 35 | 21 | 15 |
| 22 | 85 | 52 | 26 | 33 | 11 | 23 |
| 23 | 80 | 55 | 17 | 32 | 6 | 10 |
| 24 | 87 | 64 | 16 | 34 | 11 | 21 |

Таблица 2. Параметры кожухотрубчатых холодильников

| № вар | D кожуха, мм | d труб, мм | Число труб | Длина труб, м | Поверхность теплообмена, F |
|-------|-----------------|-------------------|------------|------------------|-------------------------------|
| 1 | 800 | 20 ^x 2 | 717 | 2 | 90 |
| 2 | 800 | 20 ^x 2 | 717 | 3 | 135 |
| 3 | 800 | 20 ^x 2 | 717 | 4 | 180 |
| 4 | 800 | 20 ^x 2 | 717 | 6 | 270 |
| 5 | 800 | 20 ^x 2 | 717 | 9 | 405 |
| 6 | 800 | 25 ^x 2 | 465 | 2 | 73 |
| 7 | 800 | 25 ^x 2 | 465 | 3 | 109 |
| 8 | 800 | 25 ^x 2 | 465 | 4 | 146 |
| 9 | 800 | 25 ^x 2 | 465 | 6 | 219 |
| 10 | 800 | 25 ^x 2 | 465 | 9 | 329 |
| 11 | 1000 | 20 ^x 2 | 1173 | 3 | 221 |
| 12 | 1000 | 20 ^x 2 | 1173 | 4 | 295 |
| 13 | 1000 | 20 ^x 2 | 1173 | 6 | 442 |
| 14 | 1000 | 20 ^x 2 | 1173 | 9 | 663 |
| 15 | 1000 | 25 ^x 2 | 747 | 3 | 176 |
| 16 | 1000 | 25 ^x 2 | 747 | 4 | 235 |
| 17 | 1000 | 25 ^x 2 | 747 | 6 | 352 |
| 18 | 1000 | 25 ^x 2 | 747 | 9 | 528 |
| 19 | 1200 | 20 ^x 2 | 1701 | 4 | 427 |
| 20 | 1200 | 20 ^x 2 | 1701 | 6 | 641 |
| 21 | 1200 | 20 ^x 2 | 1701 | 9 | 961 |
| 22 | 1200 | 25 ^x 2 | 1083 | 4 | 340 |
| 23 | 1200 | 25 ^x 2 | 1083 | 6 | 510 |
| 24 | 1200 | 25 ^x 2 | 1083 | 9 | 765 |

Количественной характеристикой для измерения процесса переноса является его интенсивность. Интенсивность переноса равна отношению скорости процесса переноса к

геометрическому размеру того объекта (аппарата или его части), в котором протекает этот процесс.

$$Int = \frac{V_{\text{перен}}}{S_{\text{обь}}}$$

Для массообменного аппарата:

$$Int_{\text{Массообм}} = \frac{\text{Кол - во продукции за час}}{\text{Объем аппарата}},$$

Например, 1200 (кг/час) / м³.

Для теплообменного аппарата:

$$Int_{\text{Теплообм}} = \frac{\text{Кол - во ттепл за час}}{\text{Площадь ттеплообмнной поверхности}},$$

Например, 4 (кДж/с) / м²).

Таким образом, интенсификация тепло- и массообменных процессов состоит в повышении численного значения их интенсивности. Из формулы (1) следует, что повысить интенсивность процесса можно двумя способами:

- при одних тех же геометрических размерах аппарата увеличить скорость процесса;
- обеспечить прежнюю скорость процесса при меньших геометрических размерах.

Критерии оценки:

Критерий оценки максимальным числом баллов - 15:

Выполнены все требования задания к работе. Расчетные схемы, эпюры построены правильно с соблюдением масштаба и правил оформления. Расчеты выполнены с достаточной степенью точности. Показан вывод расчетных формул. Числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Над единицами измерений выполнены правильные преобразования. Крупные и мелкие числовые величины представлены в показательной форме – математические действия над ними выполнены без ошибок.

Критерий оценки на 11 баллов:

Выполнены все требования задания к работе. Расчетные схемы, эпюры построены правильно, но с небольшими нарушениями в правилах оформления. Расчеты величин местами не достигают достаточной степени точности. Имеются небольшие огрехи в выводе расчетных формул. Числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Не над всеми единицами измерений выполнены правильные преобразования. Крупные и мелкие числовые величины не всегда представлены в показательной форме – при выполнении математических действий над ними используется формат чисел с фиксированной запятой.

Критерий оценки на 7 баллов:

Выполнено не менее 60% требований задания к работе. Расчетные схемы, эпюры построены правильно, но с существенными нарушениями правил оформления. При проведении расчетов имеются существенные потери точности величин. При выводе расчетных формул допущены некоторые ошибки. Не все числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Не всегда над единицами измерений выполнены правильные преобразования.

Крупные и мелкие числовые величины представлены в различных форматах, приводящих к накоплению ошибки.

Критерий оценки «неудовлетворительно»:

Если хотя бы один из перечисленных критериев для минимальной оценки не соблюдается, выставляется оценка «неудовлетворительно», работа возвращается на доработку.