

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.О.12 Методы интенсификации тепломассообмена

(наименование дисциплины (модуля))

15.04.02 Технологические машины и оборудо-  
вание

Химическое машино- и аппаратострое-  
ние

(наименование профиля/программы/направленности/специализации)

ма-  
гистр

квалификация

ная оч-

форма обучения

Нижнекамск, 2021 г.

Составитель ФОС:  
доцент каф. МАХП  
(должность)

  
(подпись)

И.Н. Мадышев  
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры МАХП,  
протокол от 10.03.2021 г. № 7

Зав. кафедрой

  
(подпись)

И.А. Сабанаев  
(Ф.И.О.)

Эксперт:

Руководитель ООП Мадышев И.Н. доц. МАХП НХТИ  
Ф.И.О., должность, организация, подпись



**Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины**

Компетенция:

УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели

Индикаторы достижения компетенции:

3.1 знает методики формирования команд; методы эффективного руководства коллективами;

3.2 умеет разрабатывать командную стратегию; организовывать работу коллективов; управлять коллективом; разрабатывать мероприятия по личностному, образовательному и профессиональному росту;

3.3 владеет методами организации и управления коллективом, планированием его действий;

УК-6 Способен разрабатывать и планировать внедрение новой техники и передовой технологии

Индикаторы достижения компетенции:

6.1 знает основные принципы профессионального и личностного развития, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда; способы совершенствования своей деятельности на основе самооценки;

6.2 умеет решать задачи собственного профессионального и личностного развития, включая задачи изменения карьерной траектории; расставлять приоритеты;

6.3 владеет способами управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки и принципов образования в течение всей жизни;

ОПК-11 Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, используемых в технологических машинах и оборудовании;

Индикаторы достижения компетенции:

ОПК-11.1 знает теоретические основы и методику разработки способов стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, используемых в технологических машинах и оборудовании;

ОПК-11.2 умеет разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, используемых в технологических машинах и оборудовании;

ОПК-11.3 владеет навыками разработки способов стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, используемых в технологических машинах и оборудовании.

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b> (указать все темы из РПД)				<b>Наименование оценочного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические Занятия, лабораторный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой работа</b>	

УК-3.1	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	дискуссия, зачет
УК-3.2	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	практическое занятие, доклад, зачет
УК-3.3	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	практическое занятие, доклад, зачет
УК-6.1	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	практическое занятие, доклад, зачет
УК-6.2	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	практическое занятие, зачет
УК-6.3	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	практическое занятие, доклад, зачет
ОПК-11.1	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	практическое занятие, доклад, зачет
ОПК-11.2	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	практическое занятие, доклад, зачет
ОПК-11.3	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	<i>Раздел 1–раздел 6</i>	зачет

### Сводная таблица для расчета итогового рейтинга

Вид оценочного средства	Начисляемый балл	
	Минимальный	Максимальный
Зачет	24	40
практические занятия	12	20
дискуссия	12	20
доклад	12	20
Всего	60	100

***Шкала оценивания***

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:
			зачет
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.

### Краткая характеристика оценочных средства

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного сред- ства в фонде</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1.	Лабораторная работа	Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характеристик лабораторного объекта. Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дисциплины (дисциплин) с использованием технических средств и (или) оборудования	Темы лабораторных работ, контрольные вопросы по теме лабораторной работы, вопросы к коллоквиуму
2.	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по вариантам
3.	Дискуссия	Оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.	Перечень дискуссионных тем для проведения круглого стола, дискуссии, полемики, диспута, дебатов

Министерство образования и науки 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

Направление подготовки/специальность: 15.04.02 Технологические  
(код и наименование)  
машины и оборудование

Программа подготовки: Химическое машино- и аппаратостроение  
(наименование)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.А. Сабанаев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Перечень вопросов к зачету по дисциплине Б1.О.12 Методы интенсификации теплообмена**

Раздел 1. Интенсификация теплообменных процессов в химической технологии. Введение.

1. Основные направления интенсификации теплообменных процессов в технологических аппаратах.

2. Способы интенсификации теплообменных процессов.

3. Интенсификация теплообмена путем вибрации поверхности.

4. Интенсификация теплообмена в каналах за счет вдува или отсоса газа.

5. Комбинированные способы интенсификации теплообмена.

Раздел 2. Классификация и эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах.

6. Основные методы интенсификации конвективного теплообмена в каналах.

7. Выбор рационального способа интенсификации теплообменного процесса.

8. Сравнительная эффективность методов интенсификации теплообмена.

9. Оценка способа интенсификации теплообмена с помощью коэффициента теплоэнергетической эффективности.

10. Выбор оптимальной скорости в канале теплообменника.

11. Интенсификация теплообмена посредством использования извилисто-щелевых каналов теплообмена.

12. Турбулизация потоков кольцевыми диафрагмами. Интенсификация



теплообмена вставками в виде колец и диафрагм.

Раздел 3. Конструктивные способы интенсификации теплообмена.

13. Интенсификация закруткой потока теплоносителя.

14. Интенсификация теплообмена ленточными и шнековыми вставками.

15. Теплообмен в каналах типа конфузор-диффузор.

16. Развитые (оребранные) поверхности теплообмена.

17. Интенсификация теплообмена витыми трубками.

18. Интенсификация теплообмена при многократном диспергировании жидкости.

19. Интенсификация теплообмена при пленочном течении.

Раздел 4. Интенсификации теплообмена при ламинарном течении в каналах с дискретной шероховатостью.

20. Дискретно-шероховатые поверхности теплообмена.

21. Каналы с винтовой накаткой.

22. Каналы со спирально-винтовыми проволочными вставками.

23. Каналы с поперечной дискретной шероховатостью.

Раздел 5. Дискретно-шероховатые каналы при турбулентном течении теплоносителя.

24. Каналы со сплошной шероховатостью стенки.

25. Каналы с поперечными кольцевыми выступами.

26. Каналы со спиральными выступами и пружинными вставками.

27. Кольцевые и спиральные канавки на поверхности теплообмена.

28. Сферические углубления на поверхности теплообмена.

Раздел 6. Интенсификация массообменных процессов при ректификации смесей.

29. Способы интенсификации массообменных процессов.

30. Влияние структуры потоков на работу колонных массообменных аппаратов.

31. Повышение производительности и эффективности массообменных процессов.

32. Новые гидродинамические режимы для интенсификации массообменных процессов. Аппараты с соударением потоков.

33. Мембранные процессы.

34. Влияние химических реакций на процессы абсорбции.

35. Перспективы развития технологий для разделения веществ.

**Критерии оценки.** Оценка за ответ на вопросы к зачету, проводимый в форме устного опроса знаний студентов, осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой и предполагает максимальный балл за ответ – 40. Оценивание ответа студента производится по следующей шкале баллов.

Критерий оценки	Балл
Демонстрирует полное понимание поставленного вопроса. Дает полный развернутый ответ на основной вопрос. Дает логически обоснованный и правильный ответ на дополнительный вопрос. «зачтено» выставляется студенту, если он исчерпывающе,	

<p>последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал рекомендуемой литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.</p> <p><b>Знает:</b> а) особенности протекания процессов тепло- и массообмена в технологических аппаратах;</p> <p>б) способы интенсификации теплообмена при течении рабочих тел в каналах;</p> <p>в) способы интенсификации массообменных процессов в аппаратах разделения и сорбции;</p> <p>г) методы оптимизации тепломассообменных аппаратов.</p> <p><b>Может:</b> а) качественно и количественно анализировать влияние тепломассообменных процессов на эффективность технологических аппаратов;</p> <p>б) выполнять теплогидродинамический расчет эффективности интенсификаторов;</p> <p>в) выбрать оптимальную конструкцию интенсифицирующих устройств.</p> <p><b>Владеет:</b> а) способами оценки влияния различных интенсифицирующих устройств на эффективность работы тепломассообменных аппаратов;</p> <p>б) методами и способами интенсификации тепломассообменных процессов.</p>	<p>36-40</p>
<p>Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Отвечает на дополнительный вопрос, но обосновать не может.</p> <p>«зачтено» выставляется студенту, если он по существу излагает материал, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов.</p> <p><b>Знает:</b> а) особенности протекания процессов тепло- и массообмена в технологических аппаратах;</p> <p>б) способы интенсификации теплообмена при течении рабочих тел в каналах;</p> <p>в) способы интенсификации массообменных процессов в аппаратах разделения и сорбции.</p> <p><b>Может:</b> а) качественно и количественно анализировать влияние тепломассообменных процессов на эффективность технологических аппаратов;</p> <p>б) выполнять теплогидродинамический расчет эффективности интенсификаторов;</p> <p>в) выбрать оптимальную конструкцию интенсифицирующих устройств.</p> <p><b>Владеет:</b> а) способами оценки влияния различных интенсифицирующих устройств на эффективность работы тепломассообменных аппаратов;</p> <p>б) методами и способами интенсификации тепломассообменных</p>	<p>30-35</p>

процессов.	
<p>Дает неполный ответ на основной вопрос. Не дает ответа на дополнительный вопрос.</p> <p><b>«зачтено»</b> выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.</p> <p><b>Знает:</b> а) способы интенсификации теплообмена при течении рабочих тел в каналах; б) способы интенсификации массообменных процессов в аппаратах разделения и сорбции.</p> <p><b>Может:</b> а) качественно и количественно анализировать влияние тепломассообменных процессов на эффективность технологических аппаратов; б) выполнять теплогидродинамический расчет эффективности интенсификаторов.</p> <p><b>Владеет:</b> методами и способами интенсификации тепломассообменных процессов.</p>	24-29
<p>Нет ответа.</p> <p><b>«не зачтено»</b> выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает на вопросы. Как правило, ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.</p>	0

Суммарный рейтинг студента в баллах за семестр складывается из оценки его деятельности в течение семестра и оценки, полученной на зачете, в соотношении 60:40. Максимальный балл, который может набрать студент за один семестр в ходе изучения дисциплины в целом, равен 100. В соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе (БРС) к набранной за семестр сумме баллов (от 36 до 60) добавляется при сдаче зачета от 24 до 40 баллов.

Министерство образования и науки 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

Направление подготовки/специальность: 15.04.02 Технологические  
машины и оборудование  
(код и наименование)

Программа подготовки: Химическое машино- и аппаратостроение  
(наименование)

### Темы докладов

по дисциплине Б1.О.12 Методы интенсификации тепломассообмена  
(наименование дисциплины)

#### **Раздел 2. Классификация и эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах.**

Интенсификация теплообмена посредством использования извилисто-целевых каналов теплообмена.

Турбулизация потоков кольцевыми диафрагмами. Интенсификация теплообмена вставками в виде колец и диафрагм.

Интенсификация теплообмена путем вибрации поверхности.

Интенсификация теплообмена в каналах за счет вдува или отсоса газа.

Комбинированные способы интенсификации теплообмена.

#### **Раздел 3. Конструктивные способы интенсификации теплообмена.**

Интенсификация теплообмена ленточными и шнековыми вставками.

Интенсификация теплообмена путем установки оребрения.

Интенсификация теплообмена витыми трубками.

#### **Раздел 4. Интенсификации теплообмена при ламинарном течении в каналах с дискретной шероховатостью.**

Каналы с винтовой накаткой.

Каналы со спирально-винтовыми проволочными вставками.

Каналы с поперечной дискретной шероховатостью.

**Критерии оценки:** Выступление студента с докладом предполагает значительную самостоятельную работу студента. Доклад должен выполнять ряд требований: его содержание соответствовать заявленной теме; цели соответствовать задачам; логичность и последовательность изложения материала;

способность к работе с литературными источниками, Интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой; объем исследованной литературы и других источников информации; способность к анализу и обобщению информационного материала, степень полноты обзора состояния вопроса; обоснованность выводов; правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.). В балльно-рейтинговой системе выступление с докладом относится к дополнительным видам работ. Шкала дифференцирована по ряду критериев. Общий результат складывается как сумма баллов по представленным критериям. Максимальный балл за выступление с докладом – 20 баллов.

<b>Критерий оценки</b>	<b>Балл</b>
Актуальность темы	3
Полное раскрытие проблемы	3
Наличие собственной точки зрения	3
Наличие презентации	3
Наличие ответов на вопросы аудитории	3
Логичность и последовательность изложения	3
Отсутствие ошибочных или противоречивых положений	2
<i>Итого</i>	<i>20</i>

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

Факультет \_\_\_\_\_ механический \_\_\_\_\_

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки/специальность: 15.04.02 Технологические  
(код и наименование)  
машины и оборудование

Программа подготовки: Химическое машино- и аппаратостроение  
(наименование)

**Темы дискуссий**

по дисциплине Б1.О.12 Методы интенсификации тепломассообмена  
(наименование дисциплины)

**Раздел 1. Интенсификация тепломассообменных процессов в химической технологии. Введение.**

1. Основные направления интенсификации тепломассообменных процессов в технологических аппаратах.
2. Способы интенсификации тепломассообменных процессов в химической технологии.
3. Влияние структуры потоков на эффективность колонных массообменных аппаратов (аппараты идеального вытеснения и идеального перемешивания).
4. Ячеечная модель структуры потоков в аппарате. Диффузионная модель структуры поток в аппарате. Рециркуляционная модель структуры потоков в аппарате.
5. Новые гидродинамические режимы для интенсификации массообменных процессов. Аппараты с соударением потоков.

**Критерии оценки:** Максимальный балл за участие в дискуссии – 20 баллов.

Критерий	Балл
Демонстрирует полное понимание обсуждаемой проблемы, высказывает собственное суждение по вопросу, аргументировано отвечает на вопросы участников, соблюдает регламент выступления	20
Понимает суть рассматриваемой проблемы, может высказать типовое суждение по вопросу, отвечает на вопросы участников, однако выступление носит затянутый или не аргументированный характер	16

Принимает участие в обсуждении, однако собственного мнения по вопросу не высказывает, либо высказывает мнение, не отличающееся от мнения других докладчиков	12
Не принимает участия в обсуждении	0

Министерство образования и науки 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

Направление подготовки/специальность: 15.04.02 Технологические  
(код и наименование)  
машины и оборудование

Программа подготовки: Химическое машино- и аппаратостроение  
(наименование)

**Перечень практических занятий**  
по дисциплине Б1.О.12 Методы интенсификации теплообмена  
(наименование дисциплины)

**Раздел дисциплины** - Классификация и эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах.

Тема практического занятия - *Расчет и сравнение различных методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах.*

*Вопросы для опроса по теме занятия:*

1. Расчет процессов теплообмена в кожухотрубных теплообменных аппаратах.
2. Выбор теплообменного аппарата из стандартного ряда.
3. Сравнение выбранных конструкций по площади поверхности теплообмена.
4. Сравнение выбранных конструкций по коэффициенту теплопередачи.
5. Сравнение выбранных конструкций по гидравлическому сопротивлению.

**Раздел дисциплины** - Конструктивные способы интенсификации теплообмена.

Тема практического занятия - *Расчет теплогидродинамической эффективности ленточных завихрителей.*

*Вопросы для опроса по теме занятия:*

1. Расчет теплогидродинамической эффективности ленточных завихрителей.
2. Сравнение выбранных конструкций по площади поверхности теплообмена, коэффициенту теплопередачи и гидравлическому сопротивлению.
3. Влияние размеров шага, крутки потока на эффективность теплообмена.

**Раздел дисциплины** - Интенсификация теплообмена при ламинарном течении в каналах с дискретной шероховатостью.

Тема практического занятия - *Расчет теплогидродинамической эффективности дискретно-шероховатых поверхностей теплообмена.*

*Вопросы для опроса по теме занятия:*



1. Расчет теплогидродинамической эффективности дискретно-шероховатых поверхностей теплообмена.
2. Расчет процессов теплообмена в кожухотрубных теплообменных аппаратах с различными видами дискретной шероховатости.

**Раздел дисциплины** - Дискретно-шероховатые каналы при турбулентном течении теплоносителя.

Тема практического занятия - *Расчет интенсификации теплообмена в дискретно-шероховатых каналах при турбулентном течении теплоносителя.*

*Вопросы для опроса по теме занятия:*

1. Определение коэффициента теплоотдачи от стенки к нагреваемой жидкости и гидравлического сопротивления трубы потоку.
2. Определение зависимостей коэффициента теплоотдачи и гидравлического сопротивления от скорости движения различных теплоносителей.

**Критерии оценки:** при изучении дисциплины предусматривается выполнение четырех практических заданий, за выполнение и защиту которых студент может получить максимальное количество баллов – 20 (5 баллов выполнение и защита каждой практической работы).

Критерий оценки	Балл
Демонстрирует полное понимание поставленной задачи. Дает логически обоснованный, полный и правильный ответ. Отсутствие ошибочных выводов.	5
Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Имеются трудности в обоснованности своего ответа.	4
Дает неполный ответ (в общих чертах). Нет выводов по выполненной работе.	3
Нет ответа. Трудности при выполнении.	0