

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии

: 18.03.02 -

: 3, : 6

| | | 6 |
|-----------|---------|----------|
| 1 | () | 6 |
| 2 | | 216 |
| 3 | , . | 119 |
| 4 | , . | 54 |
| 5 | , . | 18 |
| 6 | , . | 36 |
| 7 | , . | 18 |
| 8 | , . | 2 |
| 9 | , . | 9 |
| 10 | , . | 97 |
| 11 | (, ,) | |
| 12 | | |

(): 18.03.02 -

,

227 12.03.2015 ., : 27.03.2015 .

: 1,

(): 18.03.02 - ,

, 2/1 20.06.2017

- , 5 21.06.2017

:

,

:

.

:

. . .

1.

1.1

| | |
|--|--|
| Компетенция ФГОС: ПК.13 готовность изучать научно-техническую информацию, анализировать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований; в части следующих результатов обучения: | |
| 5. | |
| Компетенция ФГОС: ПК.14 способность применять современные методы исследования технологических процессов и природных сред, использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе; в части следующих результатов обучения: | |
| 4. | |
| 8. | |

2.

2.1

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

| | |
|--|-------|
| .13. 5 | |
| 1. О сущности, основных факторах и характеристиках, влияющих на производительность и экономичность действующих промышленных установок для осуществления процессов массообмена через полупроницаемые перегородки (мембраны), адсорбции, сушки, растворения и экстрагирования, кристаллизации, абсорбции, перегонки, жидкостной экстракции. | ; ; ; |
| 2. Математические модели процессов, протекающих в аппаратах химической технологии, для определения и оптимизации основных параметров проектируемого технологического оборудования, а также расширения технологических возможностей действующего оборудования | ; ; ; |
| 3. Основные методы расчета типовых аппаратов для проведения массообменных процессов химической технологии | ; ; ; |
| 4. Основные конструкции аппаратов для осуществления массообменных процессов химической технологии | ; ; ; |
| .14. 4 | |
| 5. Физически и математически моделировать технологические процессы, протекающих в энергетических установках и аппаратах химической технологии | ; ; ; |
| 6. Проводить гидравлический и тепловой расчет современного технологического оборудования; | ; ; ; |
| .14. 8 | |
| 7. Выполнять расчеты типовых технологических массообменных процессов с использованием ЭВМ | ; ; ; |

3.

3.1

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
|--|--|--|--|

| | | | |
|----------|---|----|---------------------|
| :6 | | | |
| (, ,); | | | |
| 1. | 0 | 24 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |
| 2. | 0 | 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |
| : , , ; | | | |
| 3. | 0 | 26 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |

3.2

| | | | | |
|----------|---|---|---------------------|--|
| :6 | | | | |
| (, ,); | | | | |
| 1. | 0 | 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | |
| 2. | 0 | 6 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | |
| 3. | 0 | 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | |
| : , , ; | | | | |
| 4. | 0 | 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | |

| | | | | |
|----|---|---|---------------------|---|
| 5. | 0 | 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | MathCad, () |
| 6. | 0 | 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | MathCad, , :) ;) ; . |
| 7. | 0 | 6 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | . |
| 8. | 0 | 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | MathCad, , |

3.3

| | | | | |
|--------------------|---|---|------------------|---------------------------|
| | , | . | | |
| : 6 | | | | |
| : : (, ,); | | | | |
| 1. | 4 | 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 7 |) : () ,) . |

| | | | | |
|---------|---|---|------------------|--------|
| 2. | 4 | 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | , |
| : , , ; | | | | |
| 3. | 6 | 6 | 1, 2, 3, 4, 5, 7 | (,), |
| 4. | 4 | 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | , |

4.

| | | | | |
|--|--|------------|----|---|
| | | | | |
| : 6 | | | | |
| 1 | | 2, 3, 4, 6 | 40 | 8 |
| : []: , [2013]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178065. - | | | | |
| 2 | | 1 | 37 | 0 |
| : []: , [2013]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178065. - | | | | |
| 3 | | 5, 6, 7 | 0 | 0 |
| : []: , [2013]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178065. - | | | | |
| 4 | | 1, 2, 3, 4 | 20 | 1 |
| : []: , [2013]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178065. - | | | | |

5.

(. 5.1).

5.1

| | |
|--|---------|
| | |
| | |
| | e-mail; |

5.2

| | |
|-------------------------------------|--|
| | |
| 1 | |
| Краткое описание применения: | |

6.

(),

- 15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

| | | |
|-------------------------------|----|----|
| | | |
| : 6 | | |
| <i>Лабораторная:</i> | 16 | 32 |
| <i>Практические занятия:</i> | 4 | 8 |
| <i>Курсовой проект: Итого</i> | 0 | 20 |
| <i>Экзамен:</i> | 20 | 40 |

6.2

6.2

| | | | | |
|------------|----|---|---|---|
| | | | | |
| | | / | / | |
| .13 | 5. | + | + | + |
| .14 | 4. | + | + | + |
| | 8. | + | + | + |

1. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс [Электронный ресурс] : в 2 кн. / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; Под ред. В. Г. Айнштейна. - 5-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 1758 с.: ил. - ISBN 978-5-9963-2214-5. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=501614> - Загл. с экрана.
 2. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Кн. 2 : учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и специальностям / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; под ред. В. Г. Айнштейна. - М., 2006. - 1757, [1] с. : ил.
 3. Бернер Г. Я. Технология очистки газа за рубежом : справочник / Г. Я. Бернер. - М., 2006. - 260 с. : ил., табл.
 4. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. - М., 2007. - 575 с. : ил., табл.
 5. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие для вузов / [А. А. Захарова, Л. Т. Бахшиева, Б. П. Кондауров и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. - М., 2006. - 521, [1] с. : ил., табл.
 6. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч. 2 / [Островский Г. М. и др. ; ред. тома : Островский Г. М.]. - СПб., 2006. - 915 с. : ил.. - Авт. указаны на обороте тит. л..
 7. Жуков В. И. Массообменные процессы и аппараты. [В 2 ч.]. Ч. 2 : учебное пособие / С. И. Лежнин, В. И. Жуков, Г. Г. Кувшинов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 136 с. : табл., ил.. - Описано по обл. ; на обл. авт.: В. И. Жуков, С. И. Лежнин, Г. Г. Кувшинов.
 8. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Кн. 1 : учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и специальностям / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; под ред. В. Г. Айнштейна. - М., 2006. - 887, [1] ; XXII с. : ил.
 9. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч. 1 / [Островский Г. М. и др. ; ред. тома : Островский Г. М.]. - СПб., 2007. - 841 с. : ил.. - Авт. указаны на обороте тит. л..
 10. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : [учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов] / [Г. С. Борисов и др.] ; под ред. Ю. И. Дытнерского. - М., 2007. - 493 с. : ил.. - Перепечатка с изд. 1991 г..
 11. Жуков В. И. Массообменные процессы и аппараты. [В 2 ч.]. Ч. 1 : учебное пособие / В. И. Жуков, С. И. Лежнин, Г. Г. Кувшинов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 129 с. : ил.. - В рамках проекта "Экологическая инженерия в химических технологиях и биотехнологиях".
 12. Баннов А. Г. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. Г. Баннов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178065. - Загл. с экрана.
-
1. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры : учебник для теплоэнергетических специальностей втузов / В. М. Черкасский. - М., 1984. - 414, [1] с. : ил.
 2. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. В 2 кн. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты : учебник для химико-технологических специальностей вузов. - М., 2002. - 400 с. : ил.
 3. Chemical Engineering Research Trends / Leon P. Berton, editor. - New York, 2007. - XII, 395 p. : ill.. - Пер. загл.: Направления исследования химической технологии.

| | | |
|---|-------|--|
| | | |
| 1 | | |
| 2 | - | |
| 3 | - - 1 | |
| 4 | -454 | |
| 5 | | |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра химии и химической технологии

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН МТФ
к.т.н., доцент В.В. Янпольский
“ ____ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии
Образовательная программа: 18.03.01 Химическая технология, профиль: Химические
технологии функциональных материалов

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки) | Темы | Этапы оценки компетенций | |
|--|---|--|---|---|
| | | | Мероприятия текущего контроля (курсовая работа, лабораторные работы) | Промежуточная аттестация (экзамен) |
| ПК.1/ПТ способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции | у2. уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с заданными характеристиками, проводить измерения основных параметров технологического процесса и осуществлять оценку свойств сырья и продукции | Изучение процесса простой перегонки. Изучение процесса сушки Изучение процесса экстракции в системе твердое тело-жидкость. Классификация массообменных процессов. Основное кинетическое уравнение массопереноса. Материальный баланс, уравнение рабочей линии, фазовое равновесие. Массообмен между жидкостью, газом (паром) и твердым телом. Массоперенос во внешней и твердой фазах. Элементарные процессы переноса массы в пористых телах: диффузия в твердом теле, конвективный перенос Моделирование неизоэнтальпийской адсорбции в колонке Моделирование процесса кристаллизации металлов Моделирование процесса эволюции волны сорбции Молекулярная диффузия, I-ый закон Фика. Очистка водорода от примеси метана адсорбцией активированным углем Расчет адсорбционной колонны Расчет времени сушки различных пористых материалов Расчет жидкостного экстрактора Расчеты процессов в сушильных аппаратах Решение уравнений равновесной и неравновесной адсорбции | Курсовая работа по темам: 1.Массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция); 2.Массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии. | Экзамен по вопросам: с 1 по 28, по вопросам теста: с 1 по 8. |

| | | | | |
|---|---|--|--|---|
| <p>ПК.19/НИ готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления</p> | <p>35. знать основы теории массообмена и массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз</p> | <p>Изучение процесса простой перегонки. Изучение процесса сушки Изучение процесса экстракции в системе твердое тело-жидкость. Классификация массообменных процессов. Основное кинетическое уравнение массопереноса. Материальный баланс, уравнение рабочей линии, фазовое равновесие. Массообмен между жидкостью, газом (паром) и твердым телом. Массоперенос во внешней и твердой фазах. Элементарные процессы переноса массы в пористых телах: диффузия в твердом теле, конвективный перенос Моделирование неізотермической адсорбции в колонке Моделирование процесса кристаллизации металлов Моделирование процесса эволюции волны сорбции Молекулярная диффузия, I-ый закон Фика. Очистка водорода от примеси метана адсорбцией активированным углем Расчет адсорбционной колонны Расчет времени сушки различных пористых материалов Расчет жидкостного экстрактора Расчеты процессов в сушильных аппаратах Решение уравнений равновесной и неравновесной адсорбции</p> | <p>Курсовая работа по темам: 1.Массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция); 2.Массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии.</p> | <p>Экзамен по вопросам: с 29 по 56, по вопросам теста: с 9 по 15.</p> |
| <p>ПК.20/НИ готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования</p> | <p>31. знать структуру современной электронно-библиографической системы отечественных и зарубежных баз данных</p> | <p>Изучение процесса простой перегонки. Изучение процесса сушки Изучение процесса экстракции в системе твердое тело-жидкость. Классификация массообменных процессов. Основное кинетическое уравнение массопереноса. Материальный баланс, уравнение рабочей линии, фазовое равновесие. Массообмен между жидкостью, газом (паром) и твердым телом. Массоперенос во внешней и твердой фазах.</p> | <p>Курсовая работа по темам: 1.Массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция);</p> | <p>Экзамен по вопросам: с 57 по 88, по вопросам теста: с 9 по 15.</p> |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | <p>Элементарные процессы переноса массы в пористых телах: диффузия в твердом теле, конвективный перенос</p> <p>Моделирование неизоэнтальпийской адсорбции в колонке</p> <p>Моделирование процесса кристаллизации металлов</p> <p>Моделирование процесса эволюции волны сорбции</p> <p>Молекулярная диффузия, I-ый закон Фика. Очистка водорода от примеси метана адсорбцией активированным углем</p> <p>Расчет абсорбционной колонны</p> <p>Расчет времени сушки различных пористых материалов</p> <p>Расчет жидкостного экстрактора</p> <p>Расчеты процессов в сушильных аппаратах</p> <p>Решение уравнений равновесной и неравновесной адсорбции</p> | <p>2.Массообменные процессы с неподвижной поверхностью</p> <p>контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии</p> | |
|--|--|--|---|--|

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1/ПТ, ПК.19/НИ, ПК.20/НИ.

Экзамен проводится в письменной форме по вопросам, приведенным в паспорте экзамена, или по вопросам теста на платформе <http://dispace.edu.nstu.ru/>, позволяющим оценить показатели сформированности соответствующих компетенций

Форма проведения экзамена следующая. В аудитории находится не более шести студентов. На листе с ответами на вопросы студент записывает свою фамилию с инициалами, номер билета и вопросы (это необходимо при возможном решении спорных ситуаций). Разрешается кратковременное (не более 2-х минут) пользование конспектами. Пользование телефонами и компьютерами категорически запрещается. После ответов на вопросы билета обязательно следуют дополнительные вопросы на понимание материала в целом.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовая работа. Требования к выполнению курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсовой работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.1/ПТ, ПК.19/НИ, ПК.20/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками. Диапазон баллов рейтинга 25-49, оценка по ECTS FX.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками. Диапазон баллов рейтинга 50-72, оценка по ECTS E ... C-.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки. Диапазон баллов рейтинга 73-86, оценка по ECTS C – ...B.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. Диапазон баллов рейтинга 87-100, оценка по ECTS B+ ... A+.

Кафедра химии и химической технологии

Паспорт экзамена

по дисциплине «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии»,
6 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам или в виде теста. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов № 1-44, второй вопрос из диапазона вопросов № 45-88, третий вопрос – задача из диапазона вопросов № 79-96. За первые два вопроса можно получить от 15 до 17 баллов, за задачу от 6 до 10 баллов. За каждый правильный ответ тестового вопроса можно получить от 0 до 1 балла. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИМ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет МТФ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической
технологии»

1. Вопрос 1. Модели процессов массопереноса (модель Льюиса и Уитмена).
2. Вопрос 2. Основные способы проведения жидкостной экстракции
3. Задача. Относительная массовая концентрация бензола в нитробензоле 0,731. Определить массовую долю бензола в нитробензоле.

Утверждаю: зав. кафедрой

должность, ФИО

(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 19 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки,

например, вычислительные, оценка составляет 20-28 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 29-34 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 35-40 баллов.

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 20 баллов (из 40 возможных). Коэффициент, с которым учитывается полученная сумма баллов в общей оценке по дисциплине, определяется Правилами аттестации. В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплин.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии»

Полный перечень экзаменационных вопросов.

1. Классификация массообменных процессов.
2. Понятие процесса массопередачи. Массоотдача.
3. Молекулярный и конвективный перенос вещества.
4. Уравнение массопередачи. Размерность коэффициента массопередачи.
5. Материальный баланс массообменных процессов.
6. Фазовое равновесие. Линия равновесия.
7. Законы Генри и Рауля.
8. Линии: равновесия и рабочие для процессов абсорбции и ректификации.
9. Молекулярная диффузия. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии.
10. Конвекция и массоотдача.
11. Основное уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.
12. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (второй закон Фика).
13. Модели процессов массопереноса (модель Ландау и Левича).
14. Критерии конвективной диффузии (критерий Нуссельта).
15. Критерии конвективной диффузии (критерии Рейнольдса и Прандтля).
16. Зависимость между коэффициентами массоотдачи и массопередачи.

17. Движущая сила массообменных процессов.
18. Понятия числа и высоты единицы переноса.
19. Определение числа единиц переноса графическим методом.
20. Абсорбция, области её применения.
21. Равновесие при абсорбции. Закон Генри, константа Генри.
22. Материальный баланс и расход абсорбента.
23. Плёночные абсорберы.
24. Гидродинамические режимы в плёночных колоннах.
25. Общее устройство и принцип действия насадочных абсорберов.
26. Выбор насадки для насадочных абсорберов.
27. Гидродинамические режимы в насадочных абсорберах.
28. Общее устройство и принцип действия тарельчатых колонн со сливными устройствами.
29. Гидродинамические режимы работы тарелок.
30. Колпачковые, ситчатые, клапанные тарелки.
31. Колонны с тарелками без сливных устройств.
32. Распыливающие абсорберы.
33. Методика расчёта абсорберов.
34. Десорбция.
35. Перегонка жидкостей.
36. Ректификация. Общее устройство и принцип действия ректификационной колонны.
37. Диаграммы t - x - y и y^* - x (процесс ректификации).
38. Первый закон Коновалова и первое правило Вревского.
39. Второй закон Коновалова и второе правило Вревского.
40. Простая перегонка.
41. Перегонка с водяным паром и инертным газом.
42. Непрерывная бинарная ректификация.
43. Схема ректификационной установки.
44. Допущения, принимаемые при расчёте ректификационных колонн.
45. Материальный баланс ректификационной установки.
46. Построение рабочих линий процесса ректификации на диаграмме $y - x$.

47. Расчёт минимального флегмового числа.
48. Тепловой баланс ректификационной установки.
49. Периодическая ректификация.
50. Специальные виды перегонки (экстрактивная и азеотропная ректификация).
51. Жидкостная экстракция. Основные понятия.
52. Равновесие при жидкостной экстракции. Закон распределения.
53. Выбор растворителя (экстрагента) при жидкостной экстракции.
54. Материальный баланс жидкостной экстракции.
55. Дифференциально-контактные экстракторы для жидкостной экстракции.
56. Расчёт ступенчатой жидкостной экстракции по треугольной диаграмме.
57. Массоперенос в твёрдой фазе.
58. Адсорбция, области её применения.
59. Основные промышленные адсорбенты и их свойства.
60. Изотерма адсорбции. Уравнение Ленгмюра, уравнение Фрейндлиха.
61. Кинетика адсорбции.
62. Общее устройство и принцип действия адсорберов и адсорбционных установок.
63. Сушка, области её применения. Виды сушки.
64. Параметры влажного воздуха: относительная влажность, влагосодержание, энтальпия.
65. Анализ процесса нагрева воздуха в калориферах по диаграмме Рамзина.
66. Анализ процесса охлаждения воздуха при постоянном влагосодержании до насыщения по диаграмме Рамзина.
67. Анализ процесса адиабатической сушки по диаграмме Рамзина.
68. Формы связи влаги с материалом.
69. Характеристика капиллярно-пористых, коллоидных и капиллярно-пористых коллоидных тел.
70. Влажность материала и изменение его состояния в процессе сушки.
71. Материальный баланс процесса сушки.
72. Тепловой баланс процесса сушки.
73. Скорость процесса сушки.
74. Классификация сушилок.
75. Общее устройство и принцип действия камерной сушилки.
76. Общее устройство и принцип действия туннельной сушилки.

77. Общее устройство и принцип действия петлевой сушилки.
78. Растворение и экстрагирование в системе твёрдое тело - жидкость, области применения.
79. Способы растворения и экстрагирования (в системе твёрдое тело - жидкость).
80. Общее устройство и принцип действия экстракторов и аппаратов для растворения.
81. Равновесие при кристаллизации.
82. Кинетика кристаллизации.
83. Общее устройство и принцип действия кристаллизаторов.
84. Массообмен через полупроницаемые перегородки (мембраны), области применения.
85. Виды мембран.
86. Баромембранные процессы.
87. Диффузионно-мембранные процессы.
88. Термомембранные процессы.

Задачи:

89. Определить коэффициент массопередачи по газовой фазе K_u в процессе абсорбции, если коэффициенты массоотдачи, $\text{кмоль}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$: $P_x = 2,76 \cdot 10^{-3}$; $P_y = 1,47 \cdot 10^{-4}$. Уравнение линии равновесия $y^* = 102x$.
90. Газовая смесь содержит 80 % об. H_2 и 20 % об. C_2H_2 . Определить относительную мольную концентрацию ацетилена.
91. Мольная доля ацетилена в смеси с водородом составляет 0,200. Мольная масса смеси 6,8. Определить массовую долю ацетилена.
92. Определить коэффициент диффузии сероводорода в воде при 40 °С. Динамический коэффициент вязкости воды при 40 °С 0,656 мПа·с. Мольный объём сероводорода 33 $\text{см}^3/\text{моль}$. Параметр, учитывающий ассоциацию молекул воды, равен 2,6.
93. Массовая доля ацетилена в смеси с водородом составляет 0,765. Определить относительную массовую концентрацию ацетилена.
94. В простом перегонном кубе производится разгонка $F = 1000$ кг водноспиртовой смеси. Величина $\ln F/W = 1,612$. (W - масса кубового остатка, кг). Определить массу кубового остатка и дистиллята.
95. Найти энтальпию воздуха при давлении 745 мм рт. ст., относительной влажности $\phi = 0,3$ и температуре 60 °С.

96. Влагосодержание воздуха на входе в сушилку $x_0 = 0,009$ кг/кг, а на выходе из сушилки $x_2 = 0,030$ кг/кг. Определить удельный расход сухого воздуха.

Пример теста:

Вопрос 1.

Воздух в сушилках подогревают для

- уменьшения абсолютной влажности воздуха
- уменьшения относительной влажности воздуха
- разогрева стенок сушилки
- передачи теплоты высушиваемому материалу

(один вариант)

Вопрос 2.

Насадочные абсорберы работают при гидродинамическом режиме

- подвисяния
- пленочном
- эмульгирования
- уноса

(один вариант)

Вопрос 3.

Основная цель расчета колонных аппаратов заключается в определении

- средней движущей силы процесса
- гидравлического сопротивления
- массы аппарата
- диаметра и высоты аппарата

(один вариант)

Вопрос 4.

При массообменном процессе

- перехода веществ из одной фазы в другую не происходит
- одно или несколько веществ переходит из одной фазы в другую
- распределяемый компонент концентрируется в газовой фазе
- несколько компонентов распределяются в жидкой фазе

(один вариант)

Вопрос 5.

Движущей силой массообменных процессов является разность

- температур
- общих давлений
- парциальных давлений
- концентраций распределяемого компонента

(один вариант)

Вопрос 6.

Количество продиффундировавшего вещества за счет молекулярной диффузии

- $M = -D \cdot \tau \cdot dc/dn$
- $M = D \cdot F \cdot \tau \cdot dc/dn$
- $M = -D \cdot F \cdot \tau \cdot dc/dn$
- $D \cdot F \cdot dc/dn$

(один вариант)

Вопрос 7.

Абсорбционным является процесс

- выделения твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или расплава
- избирательного поглощения одного или нескольких компонентов газовой или паровой смеси жидким поглотителем
- извлечения из твердого или жидкого вещества одного или нескольких компонентов путем обработки этого вещества жидким растворителем
- избирательного поглощения компонента газа, пара или раствора твердыми веществами

(один вариант)

Вопрос 8.

Процессом сушки является

- удаление влаги из твердых материалов с последующим переводом в паровую фазу путем подвода тепла
- избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкости веществ поверхностью пористого твердого поглотителя
- выделение твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или расплава
- избирательное извлечение компонентов смеси или их концентрирование с помощью

полупроницаемой перегородки-мембраны

(один вариант)

Вопрос 9.

Процессом адсорбции является

- выделение твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или расплава
- избирательное извлечение компонентов смеси или их концентрирование с помощью полупроницаемой перегородки-мембраны
- избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкости веществ поверхностью пористого твердого поглотителя
- удаление влаги из твердых материалов с последующим переводом в паровую фазу путем подвода тепла

(один вариант)

Вопрос 10.

Линия равновесия

- обычно является криволинейной
- обычно является прямолинейной
- в процессе абсорбции располагается ниже рабочей линии
- в процессе ректификации располагается ниже рабочих линий

(один вариант)

Вопрос 11.

Коэффициент массоотдачи

- имеет размерность $\text{кг}/\text{м}^3$
- не имеет размерность коэффициента массопередачи
- не является функцией многих переменных, поэтому на практике расчет его несложен
- является функцией многих переменных, поэтому на практике расчет его затруднителен

(один вариант)

Вопрос 12.

Критерий Нуссельта

- является определяющим критерием
- является определяемым критерием
- в реальных условиях зависит от критериев Фурье и Галилея

- в реальных условиях не зависит от критериев Рейнольдса и Прандтля
(один вариант)

Вопрос 13.

Коэффициент массопередачи

- необходим для определения гидравлического сопротивления колонных аппаратов
 определяется по коэффициентам массоотдачи по газовой и жидкой фазам
 имеет размерность m^2/c
 не зависит от коэффициентов диффузии поглощаемого вещества в газовой и жидкой фазах применительно к процессу абсорбции
(один вариант)

Вопрос 14.

Процессом перегонки является

- выделение твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или расплава
 частичное испарение разделяемой жидкой смеси с последующей конденсацией образующихся паров
 избирательное извлечение компонентов смеси или их концентрирование с помощью полупроницаемой перегородки-мембраны
 избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкости веществ поверхностью пористого твердого поглотителя
(один вариант)

Вопрос 15.

Процессом жидкостной экстракции является

- выделение твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или расплава
 извлечение одного или нескольких компонентов из растворов с помощью избирательных растворителей (экстрагентов)
 избирательное извлечение компонентов смеси или их концентрирование с помощью полупроницаемой перегородки-мембраны
 избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкости веществ поверхностью пористого твердого поглотителя
(один вариант)

Вопрос 16.

Процессом кристаллизации является

- выделение твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или расплава
- извлечение одного или нескольких компонентов из растворов с помощью избирательных растворителей (экстрагентов)
- избирательное извлечение компонентов смеси или их концентрирование с помощью полупроницаемой перегородки-мембраны
- избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкости веществ поверхностью пористого твердого поглотителя

(один вариант)

Вопрос 17.

Процессом растворения и экстракции в системе твердое тело-жидкость является

- выделение твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или расплава
- извлечение одного или нескольких компонентов из растворов с помощью избирательных растворителей (экстрагентов)
- полное или избирательное растворение одного или нескольких веществ из твердых тел
- избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкости веществ поверхностью пористого твердого поглотителя

(один вариант)

Вопрос 18.

Диаграмма Рамзина

- используется для определения параметров влажного воздуха
- используется при расчете процессов экстракции
- используется при расчете процессов адсорбции
- используется при расчете процессов абсорбции

(один вариант)

Вопрос 19.

Ректификационные установки

- снабжены холодильниками для охлаждения исходной смеси
- имеют дефлегматор для конденсации паров легкокипящего компонента
- предназначены для избирательного поглощения газов, паров или растворенных в жидкости веществ поверхностью пористого твердого поглотителя

- осуществляют процесс разделения при температуре окружающей среды
(один вариант)

Вопрос 20.

Адсорбционные установки

- имеют в своем составе только один адсорбер
 имеют в своем составе от двух до четырех адсорберов
 предназначены для выделения твердых веществ из жидкостей
 имеют очень низкую производительность

(один вариант)

Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии»,
6 семестр

1. Методика оценки.

Курсовая работа должна включать в себя выполнение следующих заданий:

1. Спроектировать насадочный/барботажный абсорбер для поглощения аммиака из воздуха водой или насадочный/барботажный абсорбер для поглощения ацетона из воздуха водой;
2. Спроектировать тарельчатую ректификационную колонну для разделения смеси метиловый спирт – вода.

Расчётно-пояснительная записка (объёмом не менее 20 страниц формата А4) оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 - 2001 «Отчёт о научно-исследовательской работе».

Структура расчётно-пояснительной записки состоит из следующих разделов:

1. Введение (Во введении приводятся сведения о теоретических основах процесса, об общем устройстве и принципе действия заданного аппарата);
2. Расчётная часть (материальный, конструктивный, гидравлический и механический расчёты);
3. Выводы;
4. Библиографический список.

Этапы выполнения и защиты: Задание на выполнение курсовой работы выдается студентам в течение первых двух недель учебного семестра. Срок выполнения и защиты - не позднее последней недели семестра

Оцениваемые позиции: качественное выполнение введения от 2 до 5 баллов, безошибочные результаты расчетов от 2 до 5 баллов, качественное выполнение выводов от 1 до 2 баллов, правильно оформленный библиографический список от 1 до 2 баллов, защита курсовой работы по вопросам из п.5 от 4 до 6 баллов.

2. Критерии оценки.

- работа считается **не выполненной**, если неаккуратно оформлена, во Введении раскрыты не все вопросы, в расчетной части имеются ошибки, Выводы сделаны некачественно, Библиографический список оформлен неправильно, оценка составляет *до 10 баллов*.
- работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если неаккуратно оформлена, во Введении раскрыты не все вопросы, в расчетной части ошибки отсутствуют, Выводы сделаны некачественно, Библиографический список оформлен неправильно, на защите студент показал удовлетворительные знания, оценка составляет *10-13 баллов*.
- работа считается выполненной **на базовом** уровне, если аккуратно оформлена, во Введении раскрыты вопросы, в расчетной части ошибки отсутствуют, Выводы сделаны качественно, Библиографический список оформлен с небольшими недочетами, на защите студент показал хорошие знания, оценка составляет *14-16 баллов*.
- работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если аккуратно оформлена, во Введении раскрыты вопросы, в расчетной части ошибки отсутствуют, Выводы сделаны качественно, Библиографический список оформлен качественно, на защите студент показал отличные знания, оценка составляет *17-20 баллов*.

3. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем курсовой работы.

Задание 1. Расчет абсорбера для поглощения аммиака из воздуха водой (по вариантам).

Таблица 1

| Номер варианта | Начальное содержание аммиака в воздухе, % об. | Степень извлечения, % | Коэффициент избытка поглотителя | Расход газовой смеси при рабочих условиях, м ³ /час | Тип абсорбера |
|----------------|---|-----------------------|---------------------------------|--|---------------|
| 1 | 15,0 | 98 | 1,30 | 5000 | Барботажный |
| 2 | 14,5 | 97 | 1,29 | 5500 | Насадочный |
| 3 | 14,0 | 96 | 1,28 | 6000 | Барботажный |
| 4 | 13,5 | 95 | 1,27 | 6500 | Насадочный |
| 5 | 13,0 | 94 | 1,26 | 7000 | Барботажный |
| 6 | 12,5 | 93 | 1,25 | 7500 | Насадочный |
| 7 | 12,0 | 92 | 1,24 | 8000 | Барботажный |
| 8 | 11,5 | 91 | 1,23 | 4500 | Насадочный |

Примечание: давление в абсорбере атмосферное, температура 20 °С, уравнение линии равновесия $Y^* = 1,42X$

Задание 2. Расчет абсорбера для поглощения ацетона из воздуха водой (по вариантам)

Таблица 2

| Номер варианта | Начальное содержание ацетона в воздухе, % об. | Степень извлечения, % | Коэффициент избытка поглотителя | Расход газовой смеси при рабочих условиях, м ³ /час | Тип абсорбера |
|----------------|---|-----------------------|---------------------------------|--|---------------|
| 1 | 15,0 | 93 | 1,26 | 5000 | Барботажный |
| 2 | 14,5 | 92 | 1,27 | 5500 | Насадочный |
| 3 | 14,0 | 91 | 1,28 | 6000 | Барботажный |
| 4 | 13,5 | 94 | 1,29 | 6500 | Насадочный |
| 5 | 13,0 | 95 | 1,30 | 7000 | Барботажный |
| 6 | 12,5 | 96 | 1,25 | 7500 | Насадочный |
| 7 | 12,0 | 93 | 1,22 | 8000 | Барботажный |
| 8 | 11,5 | 94 | 1,24 | 4500 | Насадочный |

Примечание: давление в абсорбере атмосферное, температура 20 °С, уравнение линии равновесия $Y^* = 1,68X$.

Задание 3. Расчет ректификационной установки для разделения смеси метиловый спирт - вода (по вариантам)

Таблица 3

| Номер варианта | Концентрация метилового спирта, % масс. | | | Коэффициент избытка флегмы | Производительность, кг/час |
|----------------|---|--------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| | В питании | В дистилляте | В кубовом остатке | | |
| 1 | 40,00 | 97,70 | 2,00 | 1,76 | 15000 |
| 2 | 41,00 | 97,60 | 1,95 | 1,77 | 16000 |
| 3 | 42,00 | 97,50 | 1,90 | 1,78 | 17000 |
| 4 | 43,00 | 97,40 | 1,85 | 1,79 | 18000 |
| 5 | 40,50 | 97,30 | 1,80 | 1,76 | 19000 |
| 6 | 41,50 | 97,20 | 1,75 | 1,77 | 20000 |
| 7 | 42,50 | 97,10 | 1,70 | 1,78 | 21000 |
| 8 | 43,50 | 97,00 | 1,65 | 1,79 | 22000 |

Примечание: давление в колонне атмосферное, тип колонны - барботажная

5. Перечень вопросов к защите курсовой работы.

1. Построение рабочей линии в процессах абсорбции.
2. Построение рабочих линий в процессах ректификации.
3. Построение линии равновесия в процессах абсорбции.
4. Построение линии равновесия в процессах ректификации.
5. Определение средней движущей силы при расчете насадочного абсорбера.
6. Определение числа теоретических тарелок при расчете барботажного абсорбера.
7. Определение числа действительных тарелок при расчете барботажного абсорбера.
8. Определение диаметра барботажного абсорбера и тарельчатой ректификационной колонны.
9. Определение диаметра насадочного абсорбера.
10. Определение коэффициента массопередачи в насадочных абсорберах.
11. Определение высоты насадочных абсорберов.
12. Определение высоты барботажного абсорбера и тарельчатой ректификационной колонны.
13. Определение гидравлического сопротивления насадочного абсорбера.
14. Определение гидравлического сопротивления барботажного абсорбера и тарельчатой ректификационной колонны.
15. Цели теплового расчета ректификационной установки.
16. Методика расчета фланцевых соединений.
17. Методика расчета опор.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра химии и химической технологии

**Паспорт
лабораторных работ**

по дисциплине «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии»,
6 семестр

1. Методика оценки.

Лабораторная работа выполняется студентами в группе, оформляется в тетради и защищается (список вопросов). Каждый вопрос оценивается от 1 до 2 баллов.

2. Критерии оценки.

- работа считается **не выполненной**, если студент не оформил отчет, не выполнил задание для лабораторной работы, не в полном объеме ответил на вопросы, оценка составляет менее 2 баллов.
- работа считается выполненной **на пороговом** уровне, выполнил задание для лабораторной работы, отчет оформил с ошибками и замечаниями, не в полном объеме ответил на вопросы, оценка составляет 3 балла.
- работа считается выполненной **на базовом** уровне, выполнил задание для лабораторной работы, отчет оформил с несущественными замечаниями, при ответе на вопросы допущены неточности, оценка составляет 4 балла.
- работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, выполнил задание для лабораторной работы, отчет оформил верно, в полном объеме ответил на вопросы, оценка составляет 5 балла.

3. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ.

1. Какова размерность коэффициента диффузии?
2. Какое (примерно) значение удельной поверхности адсорбентов – активированных углей?
3. Какой может быть максимальной высота колонных аппаратов (абсорберов и ректификационных колонн)?
4. В каком случае средняя движущая сила процесса абсорбции определяется как среднеарифметическая?
5. По какой причине при простой перегонке содержание легкокипящего компонента в дистилляте постепенно уменьшается?
6. При нагреве воздуха в калориферах влагосодержание изменяется или остается постоянным?
7. По какой причине скорость сушки в течение времени уменьшается?
8. При осуществлении процесса десорбции необходимо ли повышать температуру?
9. Зависит ли от давления величина коэффициента диффузии в жидкости?
10. Каким образом обычно осуществляется регенерация адсорбента?

11. Возможна ли перегонка с водяным паром в том случае, если дистиллят хорошо растворим в воде?
12. Уменьшается или увеличивается относительная влажность сушильного агента (воздуха) при сушке?
13. Каким образом определяется скорость газового потока в насадочных абсорберах?
14. Каким образом определяется число действительных тарелок в тарельчатых абсорберах и ректификационных колоннах?
15. При расчете коэффициентов массоотдачи от каких критериев обычно зависит критерий Нуссельта?
16. Является ли разновидностью адсорбции ионный обмен?
17. Почему при практическом определении коэффициента диффузии концентрация свекольного сока в отрезаемых образцах увеличивается по мере удаления от поверхности контакта с водой?
18. По какой причине сушка путем нагрева материала токами СВЧ очень эффективна?
19. Почему при простой перегонке температура паров постоянно увеличивается?
20. Используется ли диаграмма $t-x,y$ при определении числа теоретических тарелок в процессе непрерывной бинарной ректификации?