

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  
« 30 » 05 2022 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю)

### **Б1.В.05 Современные технологии и оборудование выделения и концентрирования органических соединений**

(наименование дисциплины)

**18.04.01 «Химическая технология»**

(код и наименование направления подготовки)

Программа подготовки: **«Разработка и создание высокотехнологичных  
химических производств»**

**Магистр**

Квалификация

**очная**

форма обучения

Нижекамск, 2022 г.

Составитель ФОС:

доцент кафедры Нефтехимического синтеза  
(должность)

  
(подпись)

Р. М. Хусаинова  
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Нефтехимического синтеза,  
протокол от 06 апреля 2022 г. № 8

Зав. кафедрой

  
(подпись)

Р.З. Агзамов  
(Ф.И.О)

Эксперт:

Руководитель программы магистратуры, разработчик учебного плана

Вдовина С.В., доцент кафедры Нефтехимического синтеза НХТИ ФГБОУ  
ВО «КНИТУ»

Ф.И.О., должность, организация, подпись

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

### **Компетенция:**

ПК-5 Способен проводить технологические и технические расчеты по проектам, технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проекта:

### **Индикаторы достижения компетенции:**

ПК-5.1 Знает технологию, научно-технические достижения и передовой опыт, физические, физико-химические и химические основы технологических процессов; формы и методы производственно-хозяйственной и финансово-экономической деятельности производства и организации ;

ПК-5.2 Умеет разрабатывать проекты перспективных годовых, текущих планов по всем видам деятельности; повышать эффективность работы производства на основе внедрения новой техники и технологии производства; проводить технико-экономический анализ работы технологических объектов производства;

ПК-5.3 Владеет навыками обеспечения эффективности проектных решений, современной и качественной подготовки производства и модернизации оборудования, достижения высокого качества продукции в процессе ее разработки и производства; навыками проводить технологические и технические расчеты по проектам, технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проекта

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
			очная ф.о.
2 семестр			
1	Тема 1. Колонные массообменные аппараты. Тарельчатые колонны	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	Лабораторная работа №1-3, зачет
2	Тема 2. Колонные массообменные аппараты. Насадочные колонны	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	Лабораторная работа №1-3,зачет
3	Тема 3. Колонные массообменные аппараты. Расчет колонных массообменных аппаратов	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	Лабораторная работа №1-3,зачет
4	Тема 4. Экстракционные аппараты Сущность экстракции	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	зачет
5	Тема 5. Экстракционные аппараты. Экстракционные аппараты	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	зачет
3 семестр			
6	Тема 6. Сушилki. Сущность процесса осушки	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	Лабораторная работа №4-5, экзамен
7	Тема 7. Сушилki. Сушилki	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	Лабораторная работа №4-5, экзамен
8	Тема 8. Выпаривание и кристаллизация. Выпаривание	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	Лабораторная работа №6-7, экзамен
9	Тема 9. Выпаривание и кристаллизация. Кристаллизаторы	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	Лабораторная работа №6-7, экзамен

10	Тема 10. Разделение неоднородных систем. Осаждение, фильтрование, центрифугирование	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	Лабораторная работа №8, экзамен
11	Тема 11. Разделение неоднородных систем. Оборудование разделения неоднородных систем	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	Лабораторная работа №8, экзамен
12	Тема 12. Перемешивание в жидких средах	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	Лабораторная работа №9-10, экзамен
13	Тема 13. Механические процессы	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3	Лабораторная работа №11, экзамен

**Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Оценивающие мероприятия	Кол-во	Баллы	
		min	max
2 семестр			
Мероприятия текущего контроля			
Лабораторные работы	3	30	50
Посещение лекций, лабораторных занятий	10	6	10
Зачет	1	24	40
ИТОГО		60	100
3 семестр			
Мероприятия текущего контроля			
Лабораторные работы	8	32	48
Посещение лекций и лабораторных занятий	14	4	12
Экзамен	1	24	40
ИТОГО		60	100

**2 семестр**

Шкала перевода итогового рейтингового балла  $R_{дс}$ :

Интервал баллов рейтинга	Оценка
$0 \leq R_{дс} < 60$	«не зачтено»
$60 \leq R_{дс} < 100$	«зачтено»

**3 семестр**

Шкала перевода итогового рейтингового балла  $R_{дс}$  в 4-балльную систему оценки знаний.

Интервал баллов рейтинга	Оценка
$0 \leq R_{дс} < 60$	«неудовлетворительно» (2)
$60 \leq R_{дс} < 73$	«удовлетворительно» (3)
$73 \leq R_{дс} < 87$	«хорошо» (4)
$87 \leq R_{дс} \leq 100$	«отлично» (5)

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»)  
Технологический факультет  
Кафедра нефтехимического синтеза

Семестр 3

**Экзаменационные вопросы**

по дисциплине «Современные технологии и оборудование выделения и концентрирования органических соединений»

1. Основные параметры контактных устройств.
2. Сущность процесса сушки и его виды.
3. Классификация контактных устройств
4. Физические основы и сущность процессов экстракции.
5. Тарельчатые массообменные аппараты
6. Периодическое и непрерывное выпаривание. Многоступенчатое выпаривание.
7. Насадочные колонны. Типы насадок.
8. Схемы выпарных станций. Основные конструкции выпарных аппаратов.
9. Распределительные устройства в насадочных колоннах. Сепараторы для газожидкостных потоков.
10. Кристаллизаторы. Принцип действия и основные конструкции кристаллизаторов.
11. Гидродинамика насадочных колонн.
12. Осаждение (отстаивание). Конструкции отстойников и их технологический и конструктивный расчет.
13. Смесительно-отстойные экстракторы.
14. Фильтрование. Периодические и непрерывные фильтры. Барабанные вакуум-фильтры.
15. Колонные экстракторы (распылительные, насадочные, с ситчатыми тарелками).
16. Гидроциклоны. Основные конструкции гидроциклонов.
17. Классификация способов дробления. Классификация измельчителей.
18. Пневматическое, гидравлическое и механическое перемешивание.
19. Рукавные фильтры. Принцип действия и конструкции. Электрофильтры. Принцип электрофильтрации газов.
20. Центрифугирование. Фактор разделения. Классификация центрифуг.
21. Технологический расчет процесса кристаллизации.
22. Основные конструкции выпарных аппаратов. Элементы конструкции выпарок: подвод пара, отвод конденсата, сепараторы.
23. Барабанные вакуум-фильтры. Циклограмма работы барабанного вакуум-фильтра.
24. Экстракторы с механическим перемешиванием сред.
25. Одно- и многокамерные сушилки кипящего слоя, аэрофонтанные и распылительные сушилки.
26. Расчет колонных аппаратов на прочность и устойчивость.
27. Технологический расчет центрифуги.
28. Принцип эффективной работы гидроциклона. Основные размеры гидроциклона и материалы для его изготовления.
29. Пылеочистное оборудование. Отстойные газоходы.
30. Приводы мешалок.

31. Разделение сыпучих материалов просеиванием и грохочением через сита и решетки.
32. Учет тепла растворения и кристаллизации в тепловом балансе аппарата.
33. Расчет вертикальных аппаратов на действие сейсмических сил.
34. Экстракция из смеси жидких веществ.
35. Вакуум-сушильный шкаф, гребковая сушилка, одно- и двухвальцовая сушилка
36. Основы конструктивного расчета выпарных аппаратов.
37. Колонные экстракторы (распылительные, насадочные, с ситчатыми тарелками).
38. Разделение сыпучих материалов просеиванием и грохочением через сита и решетки.
39. Насадочные колонны. Типы насадок.
40. Классификация контактных устройств

### **Критерии оценки:**

Оценка «отлично» или 36-40 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют об уверенных знаниях и умении студента.

Оценка «хорошо» 32-35 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют о достаточных знаниях и умении студента.

Оценка «удовлетворительно» 25-31 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют о недостаточных знаниях и ограниченном умении студента.

Оценка «неудовлетворительно» 0-24 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют о слабых знаниях и неумении студента.

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»)  
Технологический факультет  
Кафедра нефтехимического синтеза

**Комплект вопросов для зачета**  
по дисциплине Б1.В.05 Современные технологии и оборудование выделения и  
концентрирования органических соединений

**2 семестр**

Основные параметры контактных устройств. Классификация контактных устройств. Тарельчатые массообменные аппараты: ситчатые, колпачковые (капсульные, туннельные, S-образные), клапанные, решетчатые, чешуйчатые, провального типа, рециркуляционные, с вращающимися тарелками, инжекционного действия, с вихревым потоком.

Насадочные колонны. Типы насадок. Распределительные устройства в насадочных колоннах. Сепараторы для газожидкостных потоков. Гидродинамика насадочных колонн.

Механический расчет тарелок. Расчет колонных аппаратов на прочность и устойчивость. Расчет вертикальных аппаратов на действие сейсмических сил.

Физические основы и сущность процессов экстракции. Экстракция из смеси жидких веществ

Смесительно-отстойные экстракторы. Колонные экстракторы (распылительные, насадочные, с ситчатыми тарелками). Экстракторы с механическим перемешиванием сред.

**Критерии оценки:**

Для очной формы обучения:

Максимально 40 баллов - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы;

30 баллов - за неполный ответ, включающий ошибки в раскрытии понятий;

24 балла – за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений;

0 баллов – за отсутствие ответов по базовым вопросам дисциплины.

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

**Комплект заданий для лабораторных работ**  
 по дисциплине Б1.В.05 Современные технологии и оборудование выделения и  
концентрирования органических соединений

2 семестр

**Лабораторная работа №1 «Расчет колонных аппаратов»**

Задание: Рассчитать ректификационную колонну по следующему плану:

1. Построение зависимости давления насыщенных паров от температуры.
- Построение изобары комбинированной диаграммы и ху-диаграммы
2. Расчет однократного испарения бинарной смеси
3. Расчет материального баланса ректификационной колонны
4. Расчет теплового баланса ректификационной колонны
5. Расчет режима полного орошения
6. Расчет числа тарелок на комбинированной и ху-диаграммы
7. Расчет профиля концентраций и нагрузок по высоте колонны
8. Расчет фактического числа тарелок
9. Расчет диаметра колонны
10. Расчет высоты ректификационной колонны
11. Расчет конденсатора-холодильника
12. Расчет кипятивника
13. Расчет диаметра штуцеров
14. Графическая схема колонны

	F,	Xf, %	Xp, %	Xw, %	вариант
Бензол-толуол	10	30	95	2	1
	15	35	97	1	2
	18	33	96	2	3
	20	34	94	3	4
	15	30	95	2	5
	20	33	96	2	6
	22	36	94	1	7
	24	37	95	2	8
	25	36	94	1	9
	26	35	96	1	10
	28	33	97	2	11
	30	30	95	3	12



## Лабораторная работа №2 «Механический расчет тарелок колонных аппаратов»

Задание: Провести гидравлический расчет и подобрать стандартизованную колонну по условиям задач, приведенных в таблице.

Номер задачи	Тип тарелки	$G_{\text{п}} \cdot 10^{-3}$ , кг/ч	$G_{\text{ж}} \cdot 10^{-3}$ , кг/ч	$\rho_{\text{п}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{\text{ж}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\sigma \cdot 10^3$ , Дж/м <sup>2</sup>	$\mu_{\text{п}} \cdot 10^5$ , Па·с	$\mu_{\text{ж}} \cdot 10^3$ , Па·с	$n_{\text{ст}}$
1	Колпачковая	3,1	2,7	3,5	850	17	5,6	4,2	20
2	»	6,8	5,8	2,3	920	20	8,0	5,6	16
3	»	9,3	8,1	5,6	850	25	2,3	4,3	18
4	»	25,8	20,3	4,3	780	46	2,0	7,0	10
5	»	39,1	32,9	8,7	690	31	1,5	5,1	13
6	»	63,2	54,8	6,1	980	19	6,1	4,9	15
7	»	87,0	73,6	5,0	855	24	1,9	3,2	19
8	Клапанная	19,9	16,8	8,1	760	26	4,5	3,9	23
9	»	22,6	18,3	4,3	730	40	2,8	3,8	14
10	»	28,4	23,6	6,2	840	38	6,1	4,6	17
11	»	36,1	29,9	8,5	710	31	4,3	7,3	18
12	»	42,5	34,3	6,9	800	29	3,5	6,4	20
13	»	53,8	46,3	5,8	950	24	1,9	1,6	9
14	Ситчатая	5,0	4,8	4,3	760	42	2,3	2,9	8
15	»	6,8	6,2	3,7	830	19	3,1	3,4	15
16	»	23,5	18,7	2,9	820	46	2,4	4,1	20
17	»	28,9	24,6	6,4	900	35	2,6	5,0	17
18	»	38,2	33,3	5,5	750	36	3,0	6,1	12
19	»	49,5	39,6	5,3	780	28	1,8	5,6	11
20	Провальная	38,3	31,3	8,3	760	27	2,3	3,1	10
21	»	40,1	32,6	7,8	860	46	4,0	6,1	13
22	»	56,3	42,1	4,9	680	68	3,8	4,5	8
23	»	59,8	44,4	5,1	930	36	3,6	7,1	19
24	»	60,8	51,1	7,0	840	32	2,9	3,8	16
25	»	86,3	76,6	6,3	760	24	3,9	5,0	13

Примечание:  $G_{\text{п}}$  – нагрузка колонны по пару;  $G_{\text{ж}}$  – нагрузка колонны по жидкости;  $\rho_{\text{п}}$  – плотность пара;  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости;  $\sigma$  – поверхностное натяжение жидкости;  $\mu_{\text{п}}$  – вязкость пара;  $\mu_{\text{ж}}$  – вязкость жидкости;  $n_{\text{ст}}$  – число ступеней изменения концентрации.

## Лабораторная работа №3 «Расчет вертикального колонного аппарата на действие ветровой нагрузки»

Задание: Рассчитать ректификационную колонну на действие ветровой нагрузки, рассчитанной в лабораторной работе №1.

3 семестр

## Лабораторная работа №4 «Материальный баланс сушилок»

Задание: Произвести расчет барабанной сушилки по условиям, приведенным в таблице

№	$G_k$ , кг/с	Фракция 2-1,5, %	Фракция 1,5-1, %	$\omega_n$ , %	$\omega_k$ , %	$\theta_1$ , °C	$t_{cm}$ , °C	$t_2$ , °C	$\varphi_0$ , %
1	4	10	90	20	0,5	15	300	90	65
2	4,5	15	85	19	0,6	16	310	100	66
3	5	20	80	18	0,7	17	320	110	67
4	5,5	25	75	17	0,8	18	330	120	68
5	6	10	90	16	0,9	19	340	90	69
6	4	15	85	15	1	20	350	100	70
7	4,5	20	80	14	0,5	21	360	110	71
8	5	25	75	13	0,6	15	370	120	72
9	5,5	10	90	12	0,7	16	380	90	73
10	6	15	85	11	0,8	17	390	100	74
11	4	20	80	10	0,9	18	400	110	75
12	4,5	25	75	20	1	19	410	120	76
13	5	10	90	19	0,5	20	420	90	77
14	5,5	15	85	18	0,6	21	430	100	78
15	6	20	80	17	0,7	15	440	110	79
16	4	25	75	16	0,8	16	450	120	80
17	4,5	10	90	15	0,9	17	300	90	65
18	5	15	85	14	1	18	310	100	66
19	5,5	20	80	13	0,5	19	320	110	67
20	6	25	75	12	0,6	20	330	120	68

### Лабораторная работа №5 «Тепловой расчет сушильной камеры»

Задание: Произвести расчет барабанной сушилки по условиям, приведенных в таблице

№	$G_k$ , кг/с	Фракция 2-1,5, %	Фракция 1,5-1, %	$\omega_n$ , %	$\omega_k$ , %	$\theta_1$ , °C	$t_{cm}$ , °C	$t_2$ , °C	$\varphi_0$ , %
1	4	10	90	20	0,5	15	300	90	65
2	4,5	15	85	19	0,6	16	310	100	66
3	5	20	80	18	0,7	17	320	110	67
4	5,5	25	75	17	0,8	18	330	120	68
5	6	10	90	16	0,9	19	340	90	69
6	4	15	85	15	1	20	350	100	70
7	4,5	20	80	14	0,5	21	360	110	71
8	5	25	75	13	0,6	15	370	120	72
9	5,5	10	90	12	0,7	16	380	90	73
10	6	15	85	11	0,8	17	390	100	74
11	4	20	80	10	0,9	18	400	110	75
12	4,5	25	75	20	1	19	410	120	76
13	5	10	90	19	0,5	20	420	90	77
14	5,5	15	85	18	0,6	21	430	100	78
15	6	20	80	17	0,7	15	440	110	79
16	4	25	75	16	0,8	16	450	120	80
17	4,5	10	90	15	0,9	17	300	90	65
18	5	15	85	14	1	18	310	100	66

19	5,5	20	80	13	0,5	19	320	110	67
20	6	25	75	12	0,6	20	330	120	68

### Лабораторная работа №6 «Расчет выпарного аппарата»

Задание: Рассчитать однокорпусную выпарную установку для концентрирования водных растворов по следующим данным:

1. Производительность установки по исходному раствору – кг/ч;
  2. Концентрация раствора: начальная – % масс.; конечная – % масс.;
  3. Давление греющего пара –  $P = \text{МПа}$ ;
  4. Давление в барометрическом конденсаторе –  $P = \text{МПа}$ ;
  5. Раствор подается в первый корпус подогретым до температуры кипения;
  6. Схема выпаривания - прямоточная; циркуляция естественная
- Данные взять у преподавателя.

### Лабораторная работа №7 «Технологический расчет процесса кристаллизации»

Задача №1. До какой температуры надо охладить горячий 40% водный раствор калиевой селитры, чтобы после охлаждения и выпадения кристаллов концентрация маточного раствора стала вдвое меньше исходной?

Задача №2. Сколько килограммов кристаллов выделится при охлаждении от 30 до 15 °С 4,2 т раствора соды, содержащего 2,5 моль соды на 1000 г воды? Сода кристаллизуется с 10 молекулами воды.

Задача №3. Определить необходимую площадь поверхности охлаждения противоточного кристаллизатора, в котором охлаждается от 85 до 35 °С 10 000 кг/ч раствора, содержащего 7,0 моль сернистого аммония на 1000 г воды. При охлаждении испаряется вода (5% от массы начального раствора). Коэффициент теплопередачи 127 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Охлаждающая вода нагревается от 13 до 24 °С. Определить также ее расход.

### Лабораторная работа №8 «Расчет осадительной центрифуги»

Задание: Рассчитать производительность, потребляемую энергию, конструкцию валов и опор осадительной центрифуги. Данные взять у преподавателя.

### Лабораторная работа №9 «Определение рабочей мощности лопастной мешалки»

Определить рабочую мощность мешалки и мощность электродвигателя, приводящего во вращение мешалку, при механическом перемешивании суспензии. Внутренний диаметр сосуда и высота жидкости в нем составляют  $D_{\text{вн}} = \text{м}$  и  $h_3 = \text{м}$ . Мешалка пропеллерного типа имеет две лопасти длиной по  $l = \text{м}$  каждая, скорость вращения об/мин. Суспензия содержит вес. % твердых частиц плотностью  $\rho_{\text{тв}} = \text{кг/м}^3$ . Плотность и вязкость сплошной фазы составляют  $\rho_0 = \text{кг/м}^3$  и  $\mu_0 = \text{спз}$ . Данные взять у преподавателя.

### Лабораторная работа №10 «Расчет усилий, действующих на лопасти двухлопастной мешалки»

Задание: рассчитать рабочие усилия, действующих на лопасти двухлопастной мешалки по исходным данным:

- Диаметр аппарата (  $D$  );
- Плотность перемешиваемой среды (  $\rho$  );

- Динамическая вязкость перемешиваемой среды ( $\mu$ ).
  - Частота вращения мешалки ( $n$ ).
- Данные взять у преподавателя.

### **Лабораторная работа №11 «Технологический и конструктивный расчет гладковалковой дробилки»**

Задание: определить угол захвата, оптимальную угловую скорость эксцентрикового вала, производительность, мощность двигателя гладковалковой дробилки.

Исходными данными для расчета дробилок являются максимальная крупность кусков в исходном материале  $D_{\max}$ , требуемая максимальная крупность готового продукта  $d_{\max}$ , прочность материала и производительность  $Q$ . Данные взять у преподавателя

#### **Критерии оценки:**

Студент должен выполнить 11 лабораторных работ.

Для очной формы обучения:

Для каждой лабораторной работы №1-3:

Максимально 15 баллов - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы ;

Минимально 8 баллов - за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений.

Для каждой лабораторной работы №4-11:

Максимально 6 баллов - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы;

Минимально 3 балла - за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений.

**2 семестр:** при изучении дисциплины предусматривается выполнение трех лабораторных работ, за эти три контрольные точки студент может получить максимальное кол-во баллов – 45 б ( по 15 б за каждое лабораторное занятие). За посещение лабораторных и лекционных занятий максимальное кол-во баллов – 15 б. В результате максимальный текущий рейтинг составит – 60 б. За зачет студент может получить максимальное кол-во баллов – 40.

**3 семестр:** при изучении дисциплины предусматривается выполнение восьми лабораторных работ, за эти восемь контрольных точек студент может получить максимальное кол-во баллов – 48 ( по 6 б за каждое лабораторное занятие). За посещение лабораторных и лекционных занятий максимальное кол-во баллов – 12б. В результате максимальный текущий рейтинг составит – 60 б. За экзамен студент может получить максимальное кол-во баллов – 40.