

Энгельсский технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых  
и пищевых производств»

**Оценочные материалы по дисциплине**  
Б.1.1.29 «Моделирование химико-технологических процессов»

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

Профиль «Технология химических и нефтегазовых производств»

Энгельс 2024

## Перечень компетенций и уровни их сформированности по дисциплинам (модулям), практикам в процессе освоения ОПОП ВО

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» должна сформироваться компетенция: ОПК-6

### Критерии определения сформированности компетенции ОПК-6 на различных уровнях их формирования

Индекс компетенции	Содержание компетенции
ОПК-6	ОПК-6. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Виды занятий для формирования компетенции	Оценочные средства для оценки уровня сформированности компетенции
ИД-2 <sub>ОПК-6</sub> . Способен освоить подходы и методики, позволяющие проводить моделирование химико-технологических процессов для решения задач профессиональной деятельности.	лекции, практические занятия, самостоятельная работа	Устный опрос, решение задач, вопросы для проведения зачёта, тестовые задания

### Уровни освоения компетенции

Пороговый (базовый) (зачёт)	<p><u>Знает</u> : метод и задачи моделирования, подходы к составлению математической модели.</p> <p><u>Умеет</u> : применить знания к решению вопросов моделирования химико-технологических процессов.</p> <p><u>Владеет</u> : полученными знаниями для осуществления расчетов, анализа полученных результатов и оптимизации химико-технологических процессов.</p>
-----------------------------	--

## **2. Методические, оценочные материалы и средства, определяющие процедуры оценивания сформированности компетенций (элементов компетенций) в процессе освоения ОПОП ВО**

### **2.1 Оценочные средства для текущего контроля**

#### **Вопросы для устного опроса**

**Тема 1** Роль моделирования в решении вопросов химической технологии, оптимизации процессов.

1. Применение кибернетики в химической технологии.
2. Определение моделирования. Использование моделирования в химической технологии. Примеры.
3. Понятие модели. Классификация моделей. Примеры моделей.

**Тема 2.** Моделирование. Математическое моделирование. Математические модели.

1. Метод математического моделирования.
2. Достоинства и недостатки метода математического моделирования.
3. Принципы построения моделей: детерминистический и эмпирический (статистический) подходы к объекту.
4. Полная математическая модель. Этапы составления математической модели.
5. Проверка адекватности моделей.

**Тема 3.** Построение детерминированных моделей химико-технологических процессов

1. Структурность модуля в структуре модели ХТС.
2. Топологический анализ структуры ХТС (использование теории графов). Построение топологических схем потоков переноса и превращений отдельных компонентов.
3. Представление структуры ХТС в виде таблиц.
4. Стехиометрическая модель технологической системы.
5. Математическая модель технологической системы. Уравнения материального и теплового балансов как основа математической модели.
6. Допустимые упрощения математической модели.
7. Уравнения материального баланса для аппаратов идеального смешения и вытеснения, работающих в стационарном и нестационарном режимах.

#### **Тема 4. Экспериментально-статистические математические модели**

Построение экспериментально-статистических моделей:

1. Полный факторный план (ПФП): составление матрицы планирования эксперимента, проверка ортогональности матрицы.
2. Факторы технологического процесса. Обоснование выбора факторов при планировании эксперимента
3. Требования, предъявляемые к факторам и параметрам при планировании эксперимента.
4. Понятие целевой функции.
5. Критерий оптимальности. Требования к критерию оптимальности.
6. Использование ортогонально центрального композиционного планирования при решении вопросов оптимизации технологического процесса.
7. Матрица ОЦКП, её свойства.
8. Симплекс планирование.

#### **Практические задания для текущего контроля**

##### **ТЕМА 3**

Задание 1 Составить структурную схему технологического процесса (по данным, предоставляемым преподавателем).

Задание 2 Для предлагаемой технологической схемы химико-технологического процесса составить матрицу смежности и список смежности.

Задание 3 Составить стехиометрическую модель технологического процесса (по данным, предоставляемым преподавателем).

##### **ТЕМА 4**

Задание 1 Оценить воспроизводимость экспериментальных результатов с помощью критерия Кохрена при условии проведения двух серий опытов с тремя параллельными опытами в каждой серии. Данные для расчёта предоставляются преподавателем.

Задание 2 Оценить воспроизводимость экспериментальных результатов с помощью критерия Кохрена при условии проведения трёх серий опытов с двумя параллельными опытами в каждой серии. Данные для расчёта предоставляются преподавателем.

Задание 3 Составить матрицу планирования эксперимента в кодированных переменных для полного факторного плана при условии использования трёх факторов. Проверить ортогональность матрицы.

Задание 4 Составить матрицу планирования эксперимента в кодированных переменных для ОЦКП при условии использования двух факторов. Проверить ортогональность матрицы.

Задание 5 Составить матрицу планирования эксперимента в кодированных переменных для симплекс планирования при условии использования двух факторов.

Задание 7 Записать алгоритм расчёта критерия Фишера для оценки адекватности полученного уравнения регрессии.

## **2.2 Оценочные средства для промежуточного контроля Вопросы к зачёту.**

1. Метод математического моделирования, применение.
2. Понятие объекта моделирования, модели.
3. Виды моделей. Математическая модель. Достоинства и недостатки. Полная математическая модель.
4. Этапы построения детерминированной модели.
5. Законы, лежащие в основе уравнений материального и энергетического балансов. Уравнение материального баланса.
6. Упрощения, допускаемые при составлении математической модели.
7. Понятие числа степеней свободы. Физической и математический смысл.
8. Оценка адекватности модели. Критерий Фишера.
9. Построение структурной модели процесса. Показать на примере электродиализной очистки промывной воды, содержащей ионы тяжелых металлов.
10. Стехиометрическая модель. Стехиометрическая модель в молекулярной форме. Свойства стехиометрической модели ХТС
11. Топологическая модель. Пример построения топологической модели химико-технологического процесса.
12. Использование метода наименьших квадратов при обработке экспериментальных данных.
13. Использование метода интерполяции и аппроксимации при обработке экспериментальных данных.
14. Параметры оптимизации технологического процесса. Требования, предъявляемые к выбору параметров оптимизации.
15. Факторы технологического процесса. Обоснование выбора факторов.

16. Выбор методов планирования эксперимента для решения конкретных задач.
17. Полный факторный план. Матрица планирования эксперимента. Использование при моделировании химико-технологических процессов.
18. Симплекс планирование. Матрица планирования эксперимента. Использование при моделировании химико-технологических процессов.
19. Ортогонально-центральное композиционное планирование. Матрица планирования эксперимента. Использование при моделировании химико-технологических процессов
20. Критерии Кохрена, Стьюдента, Фишера. Применение. Расчёт
21. Определение дисперсии воспроизводимости экспериментальных результатов.

### **Практические задания для зачёта**

Задание 1. Составить структурную схему технологического процесса (по данным, предоставляемым преподавателем).

Задание 2. Для предлагаемой технологической схемы химико-технологического процесса составить матрицу смежности и список смежности.

Задание 3. Приведите алгоритм расчета доверительного интервала.

Задание 4. Оценить воспроизводимость экспериментальных результатов с помощью критерия Кохрена при условии проведения двух серий опытов с тремя параллельными опытами в каждой серии. Данные для расчёта предоставляются преподавателем.

Задание 5. Оценить воспроизводимость экспериментальных результатов с помощью критерия Кохрена при условии проведения трёх серий опытов с двумя параллельными опытами в каждой серии. Данные для расчёта предоставляются преподавателем.

Задание 6. Составить матрицу планирования эксперимента в кодированных переменных для полного факторного плана при условии использования трёх факторов.

Задание 7. Составить матрицу планирования эксперимента в кодированных переменных для полного факторного плана при условии использования двух факторов. Проверить ортогональность матрицы.

Задание 8. Составить матрицу планирования эксперимента в кодированных переменных для ОЦКП при условии использования двух факторов. Проверить ортогональность матрицы.

Задание 9. Записать алгоритм расчёта критерия Фишера для оценки адекватности полученного уравнения регрессии.

## 2.3. Итоговая диагностическая работа по дисциплине

### *Критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компетенции*

Оценивание результатов обучения в форме уровня сформированности элементов компетенций проводится путем контроля во время промежуточной аттестации в форме зачета:

а) оценка «зачтено» – компетенция(и) или ее часть(и) сформированы на базовом уровне;

б) оценка «не зачтено» – компетенция(и) или ее часть(и) не сформированы.

Критерии, на основе которых выставляются оценки при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в табл. 1.

Оценки «Не зачтено» ставятся также в случаях, если обучающийся не приступал к выполнению задания, а также при обнаружении следующих нарушений:

- списывание;
- плагиат;
- фальсификация данных и результатов работы.

Таблица 1 – Критерии выставления оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки	Оценка	Критерий выставления оценки
Двухбалльная шкала	Зачтено	Обучающийся ответил на теоретические вопросы. Показал знания в рамках учебного материала. Выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала
	Не зачтено	Обучающиеся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировали недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ПРАКТИКЕ

ОПК-6. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.

Номер задания	Правильный ответ	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1		Цель моделирования химико-технологических процессов	ОПК-6	ИД-2 <sub>ОПК-6</sub> . Способен освоить подходы и методики, позволяющие проводить моделирование химико-технологических процессов для решения задач профессиональной деятельности.
2		И каких составляющих складывается полная математическая модель	ОПК-6	
3		Основные этапы при моделировании химико-технологических процессов получения продукции требуемого качества.	ОПК-6	
4		Какой подход может быть использован для оценки точности получаемых экспериментальных данных ?	ОПК-6	
5		Если математическое описание объекта не содержит элементов случайности, то эта модель называется .....	ОПК-6	
6		Если при моделировании процесса получения продукции учитываются случайные факторы, то модели называются.....	ОПК-6	
7		Требования, предъявляемые к факторам, используемым при планировании эксперимента	ОПК-6	

Номер задания	Правильный ответ	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
8		Перечислите критерии, используемые при обработке результатов планирования эксперимента	ОПК-6	
9		Дайте определение целевой функции задачи оптимизации	ОПК-6	
10		Охарактеризуйте активный и пассивный эксперименты	ОПК-6	
11		Требования, предъявляемые к параметру оптимизации при планировании эксперимента	ОПК-6	
12		Приведите примеры управляемых переменных при моделировании химико-технологического процесса	ОПК-6	
13		Какому основному требованию должен удовлетворять критерий оптимальности технологического процесса? Приведите пример.	ОПК-6	
14		Матрицы, используемые при составлении структурной модели химико-технологического процесса	ОПК-6	
15		Требования, предъявляемые к выбору факторов при моделировании технологического процесса методом планирования эксперимента	ОПК-6	
16	<b>1</b>	При каком моделировании используется принцип аналогии 1. при математическом 2. при физическом	ОПК-6	

Номер задания	Правильный ответ	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
17	2	Условие математического моделирования: 1. подобие 2. аналогия 3. сходимость результатов	ОПК-6	
18	3	Укажите условие ортогональности матрицы планирования эксперимента  $1) \sum_{j=1}^N X_{ji} = 0$ $2) \sum_{j=1}^N X_{ji}^2 = N$ $3) \sum_{j=1}^N X_{jl} \cdot X_{jm} = 0$	ОПК-6	
19	2	Какая теория используется при анализе структуры сложных технологических систем при решении вопросов оптимизации 1. теория подобия 2. теория графов 3. аналогия	ОПК-6	
20	1	Какие математические модели отражают закономерности процессов, протекающих в химико-технологической системе? 1. детерминированные 2. статистические	ОПК-6	
21	1, 3	Целевая функция задачи оптимизации – это 1. количественная мера эффективности технологического процесса 2. фактор, эффективно влияющий на процесс 3. критерий оптимизации	ОПК-6	

Номер задания	Правильный ответ	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
22	2	<p>С помощью какого критерия можно оценить адекватность полученной математической модели?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. критерия Стьюдента</li> <li>2. критерия Фишера</li> <li>3. критерия Кохрена</li> </ol>	ОПК-6	
23	3	<p>Укажите критерий, позволяющий проверить адекватность полученной модели</p> $1) G_p = \frac{\max S_j^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}$ $2) S_j^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (y_{ji} - \bar{y}_{j\cdot})^2$ $3) F_p = \frac{S_{ад.макс}^2(S_{у макс}^2)}{S_{у(мин)}^2(S_{ад.мин}^2)}$	ОПК-6	
24	1	<p>Укажите критерий, позволяющий проверить воспроизводимость экспериментальных результатов</p> $1) G_p = \frac{\max S_j^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}$ $2) S_j^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (y_{ji} - \bar{y}_{j\cdot})^2$ $3) F_p = \frac{S_{ад.макс}^2(S_{у макс}^2)}{S_{у(мин)}^2(S_{ад.мин}^2)}$	ОПК-6	

Номер задания	Правильный ответ	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
25	2	<p>. Выберите способ планирования эксперимента, при котором в исходной матрице используется меньшее число опытов, например при числе факторов равном двум:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. полный факторный план</li> <li>2. симплекс планирование</li> <li>3. ортогональное центральное композиционное планирование</li> </ol>	ОПК-6	
26	1	<p>Выберите факторы, оказывающие наибольшее влияние на технологический процесс</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) регулируемые</li> <li>б) нерегулируемые</li> <li>в) неконтролируемые</li> </ol>	ОПК-6	
27	1, 3, 4	<p>Требования, которым должен удовлетворять критерий оптимальности при моделировании химико-технологических процессов</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. должен быть единственным</li> <li>2. должен быть многовариантным</li> <li>3. должен быть количественным</li> <li>4. должен изменяться монотонно</li> <li>5. должен изменяться скачкообразно</li> </ol>	ОПК-6	
28	2	<p>Пассивный эксперимент осуществляется</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. при проведении экспериментальной работы</li> <li>2. при анализе литературных источников</li> </ol>	ОПК-6	

Номер задания	Правильный ответ	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
29	1, 2	<p>Допущения, используемые при составлении математической модели химико-технологического процесса</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. изотермичность технологического процесса</li> <li>2. рассмотрение процессов в аппаратах идеального смешения и вытеснения</li> <li>3. исключение из рассмотрения побочных процессов</li> </ol>	ОПК-6	
30	1, 2	<p>Какие из перечисленных матриц относятся к матрицам стехиометрической модели</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. молекулярная модель</li> <li>2. стехиометрическая модель</li> <li>3. матрица смежности</li> <li>4. список смежности</li> </ol>	ОПК-6	