

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Теория эксперимента в исследованиях систем»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

Выберите один правильный ответ

1. В задаче анализа временных рядов критерием отбора наилучшей формы тренда является:

А) Критерий Фишера

Б) Критерий Стьюдента

В) Значение скорректированного коэффициента детерминации R^2

Г) Критерий Уилкса

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-2

2. Коэффициент детерминации R^2 показывает:

А) долю вариации результативного признака под воздействием изучаемых факторов

Б) тесноту связи зависимой переменной Y с двумя включенными в модель объясняющими факторами

В) статистическую значимость коэффициентов уравнения множественной регрессии

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-2

Выберите все правильные варианты ответы

3. При нахождении аддитивной модели процесса построение функции автокорреляции суммы периодической и случайной составляющих, позволяет определить начальные приближения следующих параметров модели:

А) Дисперсию случайной составляющей

Б) Амплитуду периодической составляющей

В) Вид функции тренда

Г) Параметры функции тренда

Д) Фазу периодической составляющей

Правильные ответы: Б, Д

Компетенции (индикаторы): ПК-2

4. Компонентный анализ позволяет:

А) Выявить закономерности, которые непосредственно не наблюдаются

- Б) Классифицировать объекты
 В) Описать поверхность отклика в окрестностях точки оптимума
 Г) Проверить соответствие данных многомерному нормальному распределению
 Правильные ответы: А, Б, Г
 Компетенции (индикаторы): ПК-2

Задания закрытого типа на установление соответствия

Установите правильное соответствие.

Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

1. Сопоставьте между собой практически ценные свойства оценки неизвестных параметров $\tilde{B}$ поверхности отклика и их определениями:

- | | |
|--------------------|--|
| 1) Несмещенность | А) Оценки $\tilde{B}_n$ сходятся по вероятности к истинным значениям параметров:
$\lim_{n \rightarrow \infty} P[(\tilde{B}_n - \tilde{B}_{\text{ист}})^T (\tilde{B}_n - \tilde{B}_{\text{ист}}) \geq \xi] = 0$ где N – число измерений, ξ – любое наперед заданное положительное число. |
| 2) Состоятельность | Б) Математические ожидания оценок равны истинным значениям параметров
$E(\tilde{B}) = B_{\text{ист}}$. |
| 3) Эффективность | В) Имеет место неравенство: $D(\tilde{B}) \leq D(\tilde{\tilde{B}})$, где D – дисперсионная матрица оценок $\tilde{B}$, любых других несмещенных оценок $\tilde{\tilde{B}}$. |

Правильный ответ: 1-Б, 2-А, 3-В

Компетенции (индикаторы): ОПК-13

2. Установите соответствия между свойствами матрицы планирования эксперимента (с двухуровневыми факторами) и их математическими выражениями (j – номер фактора, N – число опытов):

- 1) Симметричность относительно центра эксперимента А) $\sum_{i=1}^N x_{ij}^2 = N$

2) Условие нормировки

$$\text{Б) } \sum_{i=1}^N x_{ji}x_{ui}; \quad j \neq u; \quad j, u = \overline{1, k}$$

3) Ортогональность

$$\text{В) } \sum_{i=1}^N x_{ji} = 0$$

Правильный ответ: 1-В, 2-А, 3-Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-13

3. Установите соотношения между понятиями теории эксперимента и их смыслом:

1) Полный факторный эксперимент

А) Градиентный метод поиска области оптимального протекания процесса, где могут эффективно применяться методы планирования эксперимента.

2) Дробный факторный эксперимент

Б) Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов.

3) Движение по градиенту

В) Применение линейного планирования с целью скорейшего достижения области оптимума с дальнейшим применением методов нелинейного планирования.

4) Крутое восхождение по поверхности отклика

Г) Использование дробных реплик, заданных генерирующими соотношениями, от полного факторного эксперимента с целью уменьшить число опытов.

Правильный ответ: 1-Б, 2-Г, 3-А, 4-В

Компетенции (индикаторы): ОПК-13

4. Установите соответствия между статистическими критериями и задачами планирования и анализа эксперимента, в которых они применяются:

1) Критерий Кохрена

А) Проверка адекватности уравнения регрессии

2) t-критерий Стьюдента

Б) Проверка независимости значений уровней случайной компоненты в задаче анализа временных рядов

- | | |
|-------------------------------|---|
| 3) Критерий Фишера | В) Проверка однородности дисперсий воспроизводимости в опытах ПФЭ |
| 4) Критерия Уилкса | Г) Проверка значимости рассчитанных коэффициентов регрессии |
| 5) d-критерий Дарбина–Уотсона | Д) Проверка значимости матрицы парных корреляций в задаче компонентного анализа |

Правильный ответ: 1-В, 2-Г, 3-А, 4-Д, 5-Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-13

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

Установите правильную последовательность. Запишите правильную последовательность букв слева направо.

1. Укажите правильную последовательность действий при построении и оценке адекватности модели при проведении полного факторного эксперимента.

- А) Оценить значимость расчетных коэффициентов регрессии с помощью t-критерия Стьюдента.
- Б) Рассчитать параметры регрессионного уравнения.
- В) Проверить адекватность уравнения регрессии по F - критерию Фишера.
- Г) Отбросить незначимые коэффициенты из структуры модели.
- Д) Определить дисперсию погрешности вычисления коэффициентов регрессии.
- Е) Рассчитать остаточную дисперсию погрешности модели.

Правильный ответ: Б, Д, А, Г, Е, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

2. Расположите в правильном порядке шаги алгоритма Бокса-Уилсона поиска оптимальных условий протекания процесса:

- А) Нахождение частных производных.
- Б) Описание почти стационарной области.
- В) Нахождение оптимальных значений факторов.
- Г) Движение в направлении крутого восхождения.
- Д) Если не попали в почти стационарную область вернуться к описанию поверхности отклика.

Е) Описание небольших участков поверхности отклика линейным уравнением.

Правильный ответ: Е, А, Г, Д, Б, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

3. Укажите правильную последовательность действий при решении задачи исследования почти стационарной области:

А) Решить задачу поиска оптимальных условий протекания процесса методом нелинейного программирования.

Б) Записать полученное уравнение регрессии, описывающее почти стационарную область, в физических значениях переменных.

В) Провести анализ результатов решения оптимизационной задачи.

Г) Сформулируем задачу условной оптимизации в физических значениях переменных, область поиска ограничить величиной «звездного» плеча $\pm \alpha$.

Правильный ответ: Б, Г, А, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

4. Укажите правильную последовательность действий при решении задачи множественного регрессионного анализа

А) Осуществить оценку значимости уравнения регрессии.

Б) Оценить влияние факторов на зависимую переменную по модели.

В) Оценить с помощью t-критерия Стьюдента статистическую значимость коэффициентов уравнения множественной регрессии.

Г) Выбрать факторные признаки.

Д) Отбросить незначимые переменные и пересчитать коэффициенты регрессии.

Е) Рассчитать параметры модели.

Правильный ответ: Г, Е, А, В, Д, Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

Напишите пропущенное слово (словосочетание).

1. Метод исследования, состоящий в целенаправленном воздействии на объект в заданных контролируемых условиях, позволяющих точно зафиксировать заранее намеченные параметры, и которые можно воссоздать, называется _____.

Правильный ответ: эксперимент

Компетенции (индикаторы): ПК-2

2. Идея _____ факторного эксперимента заключается в том, чтобы сократить число опытов ПФЭ и чтобы матрица планирования сохранила свойство ортогональности.

Правильный ответ: дробного

Компетенции (индикаторы): ПК-2

3. Эксперименты, целью которых является поиск оценок неизвестных параметров $\tilde{B}$ или неизвестной поверхности отклика $\eta(x, B)$, описывающей среднее значение $E(\tilde{y}/x)$ исследуемой величины «у» при значениях контролируемых переменных, определяемых компонентами вектора X , называются _____.

Правильный ответ: регрессионными

Компетенции (индикаторы): ПК-2

4. Процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для получения математической модели процесса, позволяющая варьировать ряд факторов и получать одновременно количественные оценки всех проявляющихся эффектов, и, в отличие от классического регрессионного анализа, избежать корреляции между коэффициентами уравнения регрессии, называется _____.

Правильный ответ: планирование эксперимента

Компетенции (индикаторы): ПК-2

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

Напишите результат вычислений.

1. Какое число опытов потребуется в случае полного факторного эксперимента, реализующего все возможные сочетания уровней факторов, если имеется три фактора и число уровней каждого фактора равно двум.

Правильный ответ: $N = 2^3 = 8$

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

2. Максимальное $z_{i \max}$ и минимальное $z_{i \min}$ значения i -й факторной переменной имеют значения 50 и 10. Определить шаг варьирования Δz_i по этому фактору.

Правильный ответ:

$$\Delta z_i = (50 - 10)/2 = 20;$$

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

3. Максимальное $z_{i \max}$ и минимальное $z_{i \min}$ значения i -й факторной переменной имеют значения 50 и 10. Определить координаты центра плана (основной уровень) z_{i0} .

Правильный ответ:

$$z_{i0} = (50 + 10)/2 = 30;$$

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

4. Как записывается четвертьреплика факторного эксперимента при наличии пяти двухуровневых факторов, два из которых приравняли парному взаимодействию? Сколько опытов (строк в матрице эксперимента) нужно будет провести?

Правильный ответ: $2^{(5-2)} = 8$

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Перед вами стоит задача провести исследование объекта управления с использованием полного факторного эксперимента. Вы задались структурой модели $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$, и провели полный факторный эксперимент. Матрица плана содержит по три параллельных опыта ($m=3$) в каждой строке. Всего проведено 4 группы опытов. Опишите, как вы будете строить модель, и проверять ее адекватность.

Время выполнения – 70 мин.

Ожидаемый результат:

а) В каждом опыте (строка плана) найдем среднеарифметическое значение $y_{\text{ср}} = (y_1 + y_2 + y_3)/3$ зависимой переменной и дисперсии погрешностей $S_{1..4} = ((y_1 - y_{\text{ср}})^2 + (y_2 - y_{\text{ср}})^2 + (y_3 - y_{\text{ср}})^2)/3$.

б) Определим однородность дисперсий воспроизводимости в опытах ПФЭ по критерию Кохрена: $G_{\text{max}} = \max(S_1, S_2, S_3, S_4)/(S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2)$.

в) Находим критическое значение при заданном критерии значимости и количестве степеней свободы

г) Если оценка меньше критического значения находим дисперсию воспроизводимости $S_{\text{восп}}$ как среднее дисперсий $S_1..S_4$.

- д) Рассчитываем коэффициенты модели b_0 как среднеарифметическое ($x_0 \cdot y_{cp}$) по всем опытам, аналогично b_1 , b_2 .
- е) Определяем дисперсию погрешности коэффициентов регрессии разделив дисперсию воспроизводимости на количество опытов 4 и на количество параллельных опытов 3.
- ж) Оцениваем значимость коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента, поделив модули коэффициентов модели на корень из дисперсии погрешности, должны быть больше критических.
- з) Рассчитываем значение зависимой переменной y по регрессионной модели
- и) Рассчитываем остаточную дисперсию как среднеквадратическое отклонение результатов модели от средних значений в 4-х опытах
- к) Если отношение остаточной дисперсии к дисперсии воспроизводимости меньше критического значения по Фишеру – модель считается адекватной.

Критерии оценивания:

В ответе обязательно должны присутствовать пункты (а), (г) – дисперсия воспроизводимости, (д), (е) (з), (и) и (к).

Компетенции (индикаторы): ОПК-13, ПК-2

2. Даны табличные данные, описывающие развитие во времени некоторого процесса. Опишите, как используя прикладной пакет Excel или его аналог построить аддитивную модель указанного процесса.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

- а) Аддитивная модель процесса будет состоять из трех компонентов, условно называемых трендовая, сезонная и случайная составляющая.
- б) Вводим данные в таблицу Excel и строим по ним график.
- в) На график добавляем несколько линий тренда, например – линейный, параболический и экспоненциальный, указывая необходимость отобразить уравнение регрессии и коэффициент детерминации R^2 .
- г) Выбираем наиболее подходящий тренд, принимая во внимание коэффициент детерминации.
- д) Вычитая значения, рассчитываемые по формуле тренда из исходных данных, получаем новый набор данных, описывающий сумму периодической и случайной составляющих.
- е) Строим график полученного центрированного временного ряда.
- ж) Задаемся лагом и с помощью встроенной функции КОРРЕЛ рассчитываем функцию автокорреляции временного ряда.
- з) Строим график функции автокорреляции, и визуально определяем основной период и временной сдвиг сезонной компоненты.
- и) Амплитуду сезонной компоненты приближенно получаем как корень из дисперсии, рассчитываемой встроенной функцией ДИСП.
- к) Строим график сезонной компоненты и добавляем его на график «Сезонная+случайная», визуально проверяя правильность расчета.

л) Вычитаем из центрированного ряда рассчитанные значения периодической компоненты и получаем выборку случайно компоненты.

м) Рассчитываем параметры случайной компоненты, такие как математическое ожидание (функция СРЗНАЧ) и дисперсию.

Критерии оценивания: ответ должен включать не менее пяти пунктов, перечисленных в ожидаемом результате.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-4

3. Регрессионное уравнение в кодированных значениях факторных переменных имеет вид:

$$y = 25 - 5x_1 + 8x_2 + 6x_1x_2$$

Перепишите уравнение регрессии в физических значениях факторных переменных, если:

Фактор	z_1	z_2
Нулевой уровень	80	1,0
Интервал варьирования	20	0,5

Приведите ход преобразования.

Время выполнения – 35мин.

Ожидаемый результат:

$$x_1 = (z_1 - 80)/20 = 0.05 \cdot z_1 - 4$$

$$x_2 = (z_2 - 1)/0.5 = 2 \cdot z_2 - 2$$

$$x_1 \cdot x_2 = (0.05 \cdot z_1 - 4)(2 \cdot z_2 - 2) = 0.1 \cdot z_1 \cdot z_2 - 0.1 \cdot z_1 - 8 \cdot z_2 + 8$$

$$y = 25 - 5(0.05 \cdot z_1 - 4) + 8(2 \cdot z_2 - 2) + 6(0.1 \cdot z_1 \cdot z_2 - 0.1 \cdot z_1 - 8 \cdot z_2 + 8)$$

$$y = 25 - 0.25 \cdot z_1 + 20 + 16 \cdot z_2 - 16 + 0.6 \cdot z_1 \cdot z_2 - 0.6 \cdot z_1 - 48 \cdot z_2 + 48$$

$$y = 77 - 0.85 \cdot z_1 - 32 \cdot z_2 + 0.6 \cdot z_1 \cdot z_2$$

Критерии оценивания:

- студент знает, что такое нулевой уровень, интервал варьирования, и как связаны безразмерные координаты, принятые в теории планировании эксперимента с физическими значениями исследуемых факторов;

- корректно выполнено преобразование физических переменных в кодированные значения;

- корректно выполнена постановка в уравнение регрессии.

Компетенции (индикаторы): ОПК-4, ОПК-2

4. Планирование 2^{3-1} представлено генерирующим соотношением $x_3 = x_1 x_2$. Какой вид будет иметь уравнение регрессии? Оценками каких истинных параметров поверхности В (используйте в ответе заглавную В вместо символа бета) будут коэффициенты регрессионного уравнения b?

Время выполнения – 30мин.

Ожидаемый результат:

а) оценочное уравнение регрессии по дробному факторному плану $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3$

б) умножаем на x_3 генерирующее отношение, $x_3 * x_3 = x_1 x_2 x_3$, получаем определяющий контраст $1 = x_1 x_2 x_3$

в) для всех столбцов находим, какой эффект связан с данным путем умножением контраста на факторную переменную, получаем

$$x_1 = x_2 x_3$$

$$x_2 = x_1 x_3$$

$$x_3 = x_1 x_2$$

г) отсюда делаем вывод о том, оценками чего являются рассчитанные коэффициенты регрессионного уравнения:

$$b_1 \rightarrow B_1 + B_2 B_3$$

$$b_2 \rightarrow B_2 + B_1 B_3$$

$$b_3 \rightarrow B_3 + B_1 B_2$$

Критерии оценивания:

- записано уравнение регрессии согласно плана эксперимента
- по генерирующему соотношению получен определяющий контраст
- получена зависимость между факторными переменными
- правильно установлена связь между оценками и истинными

параметрами

Компетенции (индикаторы): ОПК-13

5. Перед вами стоит задача исследовать систему, зависящую от 7 факторов. Опишите ваши действия, если решено использовать крутое восхождение по поверхности отклика, а из математического обеспечения для планирования и обработки результатов эксперимента доступны электронные таблицы Excel или аналог.

Время выполнения – 60 мин.

Ожидаемый результат:

а) задать, например - в столбцах, именованная исследуемых факторов, и ввести максимальные и минимальные значения по каждому из факторов;

б) рассчитать основной уровень и интервал варьирования по каждому из факторов;

г) задать кодирующие обозначения факторов $x_1 \dots x_7$;

в) свести задачу к дробному факторному эксперименту, перейдя, например, к реплике $2^{(7-4)}$ и задаться генерирующими отношениями для 4-х старших факторов;

г) построить матрицу планирования эксперимента, с учетом генерирующих отношений и, добавив в нее фиктивную переменную x_0 для расчета коэффициента b_0 уравнения регрессии;

д) провести эксперименты согласно плану и записать значение зависимой переменной по каждой строке плана;

е) рассчитать коэффициенты уравнения регрессии, при этом скалярное умножение можно выполнять через встроенную функцию СУММПРОИЗВ();

- ж) рассматривая коэффициенты регрессии как значения частных производных получить вектор градиента, помножив коэффициенты регрессии на вычисленные ранее интервалы варьирования;
- з) взяв центр плана (основной уровень) за начальную точку и прибавив к ней полученные величины шага по каждому фактору, найти первую точку проведения математического эксперимента;
- и) рассчитать по регрессионному уравнению ожидаемый выход системы, подставляя значения физических величин;
- к) повторно прибавляя к текущей точке вектор градиента, сделать несколько шагов, контролируя улучшение ожидаемого параметра;
- л) выбрать следующую точку и провести физический эксперимент, сравнив выход реальной системы с ожидаемым по результатам математического эксперимента;
- м) повторить несколько раз математическое движение и контроль по физическому эксперименту, до получения значимого улучшения выхода системы.

Критерии оценивания: ответ должен включать не менее пяти пунктов, перечисленных в ожидаемом результате.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-4, ПК-2

Экспертное заключение

Представленный комплект оценочных материалов по дисциплине «Теория эксперимента в исследованиях систем» соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые оценочные материалы адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанные и представленные для экспертизы оценочные материалы рекомендуются к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению.

Председатель учебно-методической
комиссии института компьютерных
систем и информационных
технологий



Н.Н. Ветрова

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)
1	В фонд оценочных средств добавлен комплект оценочных материалов	26.02.2025 г., №14	 А.И. Горбунов