

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ГОУ ВПО Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина



УТВЕРЖДАЮ

27 сентября 2022

## Аналитические и числовые методы в планировании экспериментов и инженерном анализе рабочая программа дисциплины (модуля)

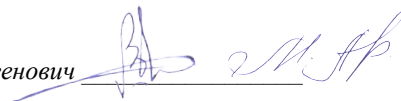
|                         |   |                            |  |
|-------------------------|---|----------------------------|--|
| Закреплена за кафедрой  | <b>Автомобильного транспорта</b>  |                            |  |
| Учебный план            | Направление подготовки 23.04.01 - РФ, 670300 - КР ТЕХНОЛОГИЯ<br>ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ<br>Магистерская программа "Интеллектуальные транспортные системы и логистика в<br>технологии транспортных процессов" |                            |  |
| Квалификация            | <b>магистр</b>  |                            |  |
| Форма обучения          | <b>очная</b>  |                            |  |
| Общая трудоемкость      | <b>2 ЗЕТ</b>  |                            |  |
| Часов по учебному плану | 72  | Виды контроля в семестрах: |  |
| в том числе:            |   | зачеты с оценкой 1         |  |
| аудиторные занятия      | 24  |                            |  |
| самостоятельная работа  | 47,8  |                            |  |

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на курсе>)                | 1 (1.1) |      | Итого |      |
|---|---------|------|-------|------|
|   | 18      |      |       |      |
| Неделя  |         |      |       |      |
| Вид занятий   | УП      | РП   | УП    | РП   |
| Лекции  | 10      | 10   | 10    | 10   |
| Практические  | 14      | 14   | 14    | 14   |
| Контактная работа в период<br>теоретического обучения | 0,2     | 0,2  | 0,2   | 0,2  |
| В том числе инт.                                      | 8       | 8    | 8     | 8    |
| Итого ауд.  | 24      | 24   | 24    | 24   |
| Контактная работа                                     | 24,2    | 24,2 | 24,2  | 24,2 |
| Сам. работа   | 47,8    | 47,8 | 47,8  | 47,8 |
| Итого   | 72      | 72   | 72    | 72   |

Программу составил(и):

к.т.н., профессор, Глазунов Владимир Иванович ;к.т.н., доцент, Алсеитов Мирлан Тилегенович



Рецензент(ы):

д.т.н., профессор, Советбеков Болотбек;к.т.н., доцент, Дресвянников Сергей Юрьевич



Рабочая программа дисциплины

**Аналитические и числовые методы в планировании экспериментов и инженерном анализе**

разработана в соответствии с ФГОС 3++:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 23.04.01 Технология транспортных процессов (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 908)

составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки 23.04.01 - РФ, 670300 - КР ТЕХНОЛОГИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Магистерская программа "Интеллектуальные транспортные системы и логистика в технологии транспортных процессов" утвержденного учёным советом вуза от 27.09.2022 протокол № 2.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Автомобильного транспорта**

Протокол от 25.08.2022 г. № 1

Срок действия программы: 2022-2026 уч.г.

Зав. кафедрой Д.т.н., профессор Глазунов Дмитрий Владимирович



---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель УМС

05 сентября 2023 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры **Автомобильного транспорта**

Протокол от 28 августа 2023 г. № 1

И. о. заведующего кафедрой, к.т.н., доцент Алсеитов Мирлан Тилегенович



---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель УМС

10 сентября 2024 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры **Автомобильного транспорта**

Протокол от 27 августа 2024 г. № 1

И. о. заведующего кафедрой, к.т.н., доцент Алсеитов Мирлан Тилегенович



---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель УМС

08 сентября 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры **Автомобильного транспорта**

Протокол от 28 августа 2025 г. № 1

И. о. заведующего кафедрой, к.т.н., доцент Алсеитов Мирлан Тилегенович



---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель УМС

\_\_ \_\_ \_\_ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры **Автомобильного транспорта**

Протокол от \_\_ \_\_ \_\_ 2026 г. № \_\_

И. о. заведующего кафедрой, к.т.н., доцент Алсеитов Мирлан Тилегенович

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

|     |   |
|-----|---|
| 1.1 | Целями освоения дисциплины является подготовка к научно-технической деятельности, связанной с применением экспериментальных исследований: выбор и составление планов многоуровневых экспериментов, организация эксперимента и оценка поведения объекта исследования, анализ результатов эксперимента, построение математических моделей объектов исследования с оценкой их адекватности, определение оптимальных условий, поиск экстремума функции. |
|-----|---|

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

| Цикл (раздел) ООП: | ФТД.В  |
|--------------------|--|
| <b>2.1</b>         | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>   |
| 2.1.1              | Современные проблемы транспортной науки, техники и технологии  |
| 2.1.2              | Научные исследования транспортного процесса  |
| 2.1.3              | Научно-исследовательская работа  |
| 2.1.4              | Методы оптимизации планирования, организации и управления перевозками пассажиров и грузов                    |
| 2.1.5              | Учебная технологическая практика   |
| <b>2.2</b>         | <b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |
| 2.2.1              | Инновационные технологии в транспортной отрасли  |
| 2.2.2              | Менеджмент и маркетинг транспортных услуг  |
| 2.2.3              | Организация и управление транспортным предприятием   |
| 2.2.4              | Организация инновационной деятельности в транспортно-технологических комплексах                              |
| 2.2.5              | Принципы инженерного творчества  |
| 2.2.6              | Компьютерные технологии в науке, производстве и образовании  |
| 2.2.7              | Мультимодальные транспортные системы   |
| 2.2.8              | Планирование, организация эксперимента и обработка экспериментальных данных                                  |
| 2.2.9              | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                                     |
| 2.2.10             | Преддипломная практика   |

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ОПК-4: Способен проводить исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность при решении инженерных и научно-технических задач, включающих планирование и постановку эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов;**

#### Знать:

|           |   |
|-----------|---|
| Уровень 1 | осуществлять поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил. |
|-----------|---|

#### Уметь:

|           |   |
|-----------|---|
| Уровень 1 | реализовать и корректировать стратегию личностного и профессионального развития с учетом конъюнктуры и перспектив развития на основании документов, и осуществлять поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил; |
|-----------|---|

#### Владеть:

|           |   |
|-----------|---|
| Уровень 1 | стратегией личностного и профессионального развития с учетом конъюнктуры и перспектив развития на основании документов, и осуществлять поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил; |
|-----------|---|

#### В результате освоения дисциплины обучающийся должен

|            |   |
|------------|---|
| <b>3.1</b> | <b>Знать:</b>   |
| 3.1.1      | теоретические основы обоснования и проведения эксперимента, базовые представления, используемыми в современном естествознании при решении задач объективизации оценок численных значений характеристик измеряемых величин |
| <b>3.2</b> | <b>Уметь:</b>   |
| 3.2.1      | методически обосновывать научные исследования, проводить статистическую оценку результатов экспериментов, получать математическую модель объекта исследования и оценивать ее адекватность                                 |

|            |   |
|------------|---|
| <b>3.3</b> | <b>Владеть:</b>   |
| 3.3.1      | навыками подготовки и организации промышленного и научного эксперимента, а также обработки их результатов |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/   | Семестр / Курс | Часов | Компетенции | Литература                                    | Инте ракт. | Пр. подг. | Примечание  |
|-------------|---|----------------|-------|-------------|---|------------|-----------|---|
|             | <b>Раздел 1. Принципы планирования эксперимента</b>   |                |       |             |   |            |           |   |
| 1.1         | Требования, предъявляемые в современных условиях к результатам научной деятельности в естествознании в целом. /Лек/ | 1              | 4     | ОПК-4       | Л1.1<br>Л1.2Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 |            |           |   |
| 1.2         | Реферативные и авторские результаты /Пр/  | 1              | 2     | ОПК-4       | Л1.2<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 | 2          |           | В форме практической подготовки на базе лаборатории кафедры Автомобильный транспорт |
| 1.3         | Виды моделей: концептуальные, структурные, математические /Ср/  | 1              | 12    | ОПК-4       | Л1.2<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 |            |           | Доклад  |
| 1.4         | Место моделей в современном естествознании в целом. /Пр/  | 1              | 4     | ОПК-4       | Л1.2<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 | 2          |           | В форме практической подготовки на базе лаборатории кафедры Автомобильный транспорт |
| 1.5         | Детерминированные и стохастические модели /Ср/  | 1              | 12    | ОПК-4       | Л1.2<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 |            |           | Доклад  |
|             | <b>Раздел 2. Анализ экспериментальных данных</b>  |                |       |             |   |            |           |   |
| 2.1         | Анализ экспериментальных данных с использованием статистических методов /Лек/                                       | 1              | 6     | ОПК-4       | Л1.2<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 |            |           |   |
| 2.2         | Дискриминирующие эксперименты /Пр/  | 1              | 4     | ОПК-4       | Л1.2<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 | 2          |           | В форме практической подготовки на базе лаборатории кафедры Автомобильный транспорт |
| 2.3         | Методы нахождения численных оценок характеристик /Ср/   | 1              | 12    | ОПК-4       | Л1.2<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 |            |           | Коллоквиум  |

|     |  |   |      |       |   |   |  |   |
|-----|--|---|------|-------|---|---|--|---|
| 2.4 | Обобщенные критерии оптимальности /Пр/                   | 1 | 4    | ОПК-4 | Л1.2<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 | 2 |  | В форме практической подготовке на базе лаборатории кафедры Автомобильный транспорт |
| 2.5 | Подготовка и организация промышленного эксперимента /Ср/ | 1 | 11,8 | ОПК-4 | Л1.2<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 |   |  | Коллоквиум  |
| 2.6 | Теоретические вопросы /КрТО/                             | 1 | 0,2  | ОПК-4 | Л1.2<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2<br>Э1 Э2 |   |  |   |

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

Вопросы для проверки уровня обученности ЗНАТЬ

1. Историю появления планирования эксперимента.
2. Общие сведения о математической теории планирования эксперимента.
3. Основы научного и промышленного эксперимента.
3. Требования, предъявляемые в современной России к результатам научной деятельности в естествознании в целом.
4. Основные положения математической теории планирования эксперимента.
5. Виды моделей: концептуальные, структурные, математические.
6. Детерминированные и стохастические модели.
7. Иерархия и суперпозиция моделей.
8. ГОСТ 7.32-91.Основные положения.
9. Этапы проведения и анализа эксперимента.
10. Метод эволюционного планирования Бокса.

Задания для проверки уровней обученности УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ:

В соответствии с вариантом ПРИЛОЖЕНИЯ 1 спланировать факторный эксперимент:

1. Определить средние значения исследуемого параметра для каждой точки факторного пространства.
2. Определить дисперсии исследуемого параметра в каждой точке факторного пространства.тематический модель уравнение
3. Проверить гипотезу однородности дисперсий по критерию Корхена.
4. Определить значения коэффициентов уравнения регрессии.
5. Определить дисперсию восприимчивости.
6. Определить значимость регрессии.
7. Исключить незначимые коэффициенты регрессии.
8. Записать окончательный вид уравнения регрессии.
9. Проверить адекватность полученной математической модели.

### 5.2. Темы курсовых работ (проектов)

Дисциплина не предусматривает написание курсовой работы.

### 5.3. Фонд оценочных средств

Рейтинговый (модульный) контроль проводится в течение семестра и представляет собой поэтапный контроль усвоения студентом логически завершенных задокументированных частей программного материала дисциплины (раздела) с предоставлением баллов. Этот контроль отражается в Технологической карте дисциплины (ПРИЛОЖЕНИЕ 2).

**ФРОНТАЛЬНЫЙ ОПРОС.** Вопросы согласно тематике пройденного материала на лекционных занятиях.

Раздел 1. Принципы планирования эксперимента. Вопросы:

1. Определение области экстремума.
2. Движение по вектор-градиенту.
3. Ортогональное планирование второго порядка.
4. Корректирование квадратичных переменных.
5. Определение координат экстремальной точки.
6. Планирование эксперимента с качественными факторами.

Раздел 2. Анализ экспериментальных данных. Вопросы:

1. Обобщенный параметр оптимизации.
2. Непрерывные оптимальные планы, статические методы.

3. Свойства и методы построения точных оптимальных планов.
4. Дискриминирующие эксперименты.
5. Последовательный симплекс метод.
6. Анализ экспериментальных данных с использованием статистических методов.

#### Тематика ЭССЕ.

1. Для чего предназначен эксперимент.
2. Определение опыта.
3. Что такое активный и пассивный эксперименты.
4. Определение плана эксперимента.
5. Какие факторы задаются в плане эксперимента.
6. Смысловое содержание дисперсионной модели.
7. Смысловое содержание регрессионной модели.
8. Что такое планирование эксперимента.
9. В чем состоит принцип отказа от полного перебора.
10. В чем состоит принцип последовательного планирования.

#### КОЛЛОКВИУМ.

1. В чем состоит принцип сопоставления с шумом?
2. В чем состоит принцип рандомизации?
3. В чем состоит принцип оптимальности плана?
4. Цель планирования эксперимента.
5. Каким условиям должна удовлетворять информация, полученная в результате правильно спланированного эксперимента?
6. Как можно управлять эффективностью экспериментальных оценок?
7. Общий вид латинских квадратов.
8. Использование среднего квадратического отклонения для планирования объема эксперимента.
9. Использование доверительного интервала для планирования объема эксперимента.
10. Использование статистических критериев для планирования объема эксперимента.

#### ДОКЛАД. Тематика докладов:

1. Суть однофакторного эксперимента.
2. Типовая гипотеза однофакторного эксперимента.
3. Вид дисперсионной математической модели однофакторного эксперимента.
4. На какие составляющие разбивается дисперсия результатов однофакторного эксперимента.
5. Чем оценивается значимость исследуемого фактора.
6. Что такое полный факторный эксперимент.
7. Что такое полный план.
8. Суть двухфакторного эксперимента.
9. Типовая гипотеза двухфакторного эксперимента.
10. Вид дисперсионной математической модели двухфакторного эксперимента.

#### ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ. Перечень задания в ПРИЛОЖЕНИИ 3:

##### 5.4. Перечень видов оценочных средств

#### Шкалы оценивания по всем видам оценочных средств в ПРИЛОЖЕНИИ 4

Отметка «зачтено» выставляется обучающемуся, знающему программный материал, грамотно и по существу излагающему его, который не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач.

Отметка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки.

«отлично» - обучающийся правильно, четко, аргументировано и в полном объеме изложил содержание экзаменационных вопросов, успешно выполнил практические задания, убедительно ответил на все дополнительные вопросы, показал высокий уровень сформированных компетенций.

«хорошо» - обучающийся правильно, но недостаточно полно изложил содержание теоретических экзаменационных вопросов, успешно выполнил практические задания, испытывал затруднения при ответе на дополнительные вопросы, показал продвинутый уровень сформированных компетенций.

«удовлетворительно» - обучающийся изложил основные положения теоретических экзаменационных вопросов, правильно выполнил практические задания, испытывал серьезные затруднения при ответах на дополнительные вопросы, показал пороговый уровень сформированных компетенций.

«неудовлетворительно» - обучающийся низложил основные положения теоретических экзаменационных вопросов, неправильно выполнил практические задания, испытывал серьезные затруднения при ответах на дополнительные вопросы, не показала пороговый уровень сформированных компетенций.

#### МОДУЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ВКЛЮЧАЕТ:

1. Текущий контроль: усвоение учебного материала на аудиторных занятиях (лекциях, практических, в том числе учитывается посещение и активность) и выполнение обязательных заданий для самостоятельной работы.
2. Рубежный контроль: проверка полноты знаний и умений по материалу модуля в целом. Выполнение модульных контрольных заданий проводится в письменном виде и является обязательной компонентой модульного контроля.

- Промежуточный контроль - завершенная задокументированная часть учебной дисциплины (1 семестр-зачет с оценкой) - совокупность тесно связанных между собой зачетных модулей.

#### ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИТОГОВОМУ КОНТРОЛЮ:

При явке на экзамен студенты обязаны иметь при себе зачётные книжки, которые они предъявляют преподавателю в начале экзамена. На итоговом контроле студент должен, верно ответить на 3 вопроса билета, за 45 минут.

#### ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКУЩЕМУ КОНТРОЛЮ.

Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

1. После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня.
2. При подготовке к следующей лекции, нужно просмотреть текст предыдущего материала, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции.
3. В течение недели выбрать время для работы с рекомендуемой литературой.
4. Для подготовки к практическим занятиям и выполнению самостоятельной работы необходимо сначала прочитать основные понятия и подходы по теме задания. Рекомендуется использовать методические указания по курсу, конспекты лекций. При выполнении задания нужно сначала понять, что требуется в нем, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план выполнения, а затем приступить к заданию и сделать качественный вывод.
6. При подготовке к промежуточному и рубежному контролю нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно выполнить несколько типовых заданий.
7. Отработки пропущенных занятий.

Контроль над усвоением студентами материала учебной программы дисциплины осуществляется систематически преподавателем кафедры и отражается в журнале преподавателя. Студент, получивший незачет по текущему материалу, обязан подготовить данный раздел и ответить по нему преподавателю.

Пропущенная без уважительных причин лекция должна быть отработана методом устного опроса лектором по материалам пропущенной лекции в течение месяца со дня пропуска.

Отработка практических занятий:

- Каждое занятие, пропущенное студентом без уважительной причины, отрабатывается в обязательном порядке.

Отработки проводятся по расписанию кафедры, согласованному с деканатом.

- Пропущенные занятия должны быть отработаны в течение 10 дней со дня пропуска. Пропущенные студентом без уважительной причины практические занятия отрабатываются не более одного занятия в день. Пропущенные занятия по уважительной причине (по болезни, пропуски с разрешения деканата) отрабатываются по тематическому материалу.

- Студент, не отработавший пропуск в установленные сроки, допускается к очередным занятиям только при наличии разрешения декана или его заместителя в письменной форме. Не разрешается устранение от очередного практического занятия студентов, слабо подготовленных к данным занятиям.

- Для студентов, пропустивших практические занятия из-за длительной болезни, отработка должна проводиться после разрешения деканата по индивидуальному графику, согласованному с кафедрой.

- В исключительных случаях (участие в межвузовских конференциях, соревнованиях, олимпиадах, дежурство и др.) декан и его заместитель по согласованию с кафедрой могут освобождать студентов от отработок некоторых пропущенных занятий

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

|      | Авторы, составители | Заглавие   | Издательство, год      |
|------|---------------------|--|------------------------|
| Л1.1 | Шамина О.Б.         | Методы научно-технического творчества: синтез новых технических решений. : Учебное пособие | Электронный курс 2020  |
| Л1.2 | Тарасик В.П.        | Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов                         | Минск: Дизайн ПРО 2014 |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

|      | Авторы, составители | Заглавие  | Издательство, год                |
|------|---------------------|---|----------------------------------|
| Л2.1 | Трусов П.В.         | Введение в математическое моделирование: Учебное пособие                        | Москва: Интернет Инжиниринг 2020 |
| Л2.2 | Дьяконов В.П.       | VisSim+Mathcad+Matlab. Визуальное математическое моделирование: научное издание | М.: СОЛОН-Пресс 2014             |

#### 6.1.3. Методические разработки

|      | Авторы, составители | Заглавие   | Издательство, год           |
|------|---------------------|--|-----------------------------|
| Л3.1 | Кубланов М.С.       | Математическое моделирование. Методология и методы разработ-ки математических моделей механических систем и процессов. Часть II. Планирова-ние экспериментов и обработка результатов измерений. : Учебное пособие. | - М.: МГТУГА 2014. – 125 с. |

|   | Авторы, составители  | Заглавие  | Издательство, год   |
|---|--|---|---|
| ЛЗ.2  | П.С. Панков, Л.А. Алтынникова, Ж.Р. Джаналиева   | Компьютерная математика. Часть II. Приближенное решение дифференциальных уравнений. Моделирование процессов. Использование компьютеров в математических исследованиях и контроле знаний | 2012  |
| <b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"</b>  |  |   |   |
| Э1  | Адлер, Ю.П. Введение в планирование экспериментов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : МИСИС, 2014. — 36 с.   |   | <a href="http://e.lanbo ok.com/books/element.php ?">http://e.lanbo ok.com/books/element.php ?</a> |
| Э2  | Григорьев, Ю.Д. Методы оптимального планирования эксперимента: линейные модели [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 320 с.  |   | <a href="http://e.lanbo ok.com/books/element.php ?">http://e.lanbo ok.com/books/element.php ?</a> |
| <b>6.3. Перечень информационных и образовательных технологий</b>                  |  |   |   |
| <b>6.3.1 Компетентностно-ориентированные образовательные технологии</b>           |  |   |   |
| 6.3.1.1   | Традиционные образовательные технологии - лекции, семинары репродуктивного типа, ориентированные прежде всего на сообщение знаний и способов действий, передаваемых студентам в готовом виде и предназначенных для воспроизводящего усвоения и разбора конкретных образцов. Вводные лекции: учащиеся знакомятся в свернутом виде с основными теоретическими положениями темы и общей характеристикой крупной проблемы.   |   |   |
| 6.3.1.2   | Инновационные образовательные технологии - занятия в интерактивной форме, которые формируют системное мышления и способность генерировать идеи при решении различных творческих задач. К ним относятся электронные тексты лекций с презентациями, проблемные лекции: должна возбудить активный интерес учащихся, ведущий к самостоятельному поиску ответа на поставленную проблему на практических занятиях; обобщающие лекции перед очередным модулем: анализ изученных ранее проблем на основе обобщения и систематизации знаний, полученных учащимися на предшествующих занятиях по теме; лекции - информации с визуализацией, отчет по СРС - дискуссия по актуальным проблемам, разбор конкретных вопросов, обсуждение проблемных ситуаций и решение ситуационных задач в малых группах. |   |   |
| 6.3.1.3   | Информационные образовательные технологии - самостоятельное использование студентом компьютерной техники и интернет-ресурсов для выполнения практических заданий и самостоятельной работы.   |   |   |
| 6.3.1.4   | Порядок и условия изучения и контроля знаний по дисциплине.  |   |   |
| 6.3.1.5   | На организационном или первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов те условия и требования, которые должны соблюдаться в течение всей работы над этой дисциплиной.  |   |   |
| 6.3.1.6   | Порядок изучения и контроля данной дисциплины включает следующие пункты: виды, время и форма проведения текущего, промежуточного и итогового контроля знаний; критерии и правила оценки ответов студентов; способ и шкала оценивания при проведении контрольных мероприятий всех видов; учёт, с возможной оценкой в баллах, всех действий студента, связанных с изучением данной дисциплины (пропуски занятий - по уважительной и неуважительной причинам; позитивная активность на занятиях; демонстрация заинтересованности и результативности обучения и т.д.).   |   |   |
| <b>6.3.2 Перечень информационных справочных систем и программного обеспечения</b> |  |   |   |
| 6.3.2.1   | <a href="http://www.twirpx.com">http://www.twirpx.com</a>  |   |   |
| 6.3.2.2   | <a href="http://www.works.doklad.ru">http://www.works.doklad.ru</a>  |   |   |
| 6.3.2.3   | <a href="http://www.studfiles.net">http://www.studfiles.net</a>  |   |   |
| 6.3.2.4   | <a href="http://www.myefreedom.weebly.com">http://www.myefreedom.weebly.com</a>  |   |   |

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

|     |  |
|-----|--|
| 7.1 | 720000 Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр Шабдан Баатыра, 140, Технический паспорт единицы недвижимого имущества от 10.06.2002 г., этаж I Литер В кабинет 23 – учебное помещение 6/117. Лекционная аудитория на 50 посадочных мест. Стационарный мультимедийный комплекс.  |
| 7.2 | 720000 Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр Шабдан Баатыра, 140 Технический паспорт единицы недвижимого имущества от 10.06.2002 г., этаж I Литер В кабинет 18 – учебная лаборатория 6/106. Аудитория для проведения практических занятий на 40 посадочных мест. Лаборатория кафедры Автомобильный транспорт, имеющая следующее учебное, лабораторное и научное оборудование: Сервер с установленной информационной компьютерной базой обеспечения учебного процесса, Лаборатория кафедры Автомобильный транспорт, имеющая следующее учебное, лабораторное и научное оборудование: Диагностический сканер Launch X-431 Master, Стенд для балансировки колес Launch KWB-402, Установка пневматическая для прокачки тормозов NORDBERG BC5, Прибор ИСЛ-М для измерения люфта системы рулевого управления, Прибор для проверки и регулировки света фар автомобилей НВА 19D, Прибор контроля светопропускания стекол БЛИК-Н, Автомобильные газоанализаторы Инфракар М-1.01, М-1Т. 02; Анализатор качества нефтепродуктов SHATOX SX-300, Стенд для проверки форсунок дизельного двигателя; стенд для проверки форсунок бензинового двигателя, сварочный полуавтомат; пресс гидравлический (10Т), ультразвуковая ванна с цифровым управлением и подогревом; прибор для проверки топливных насосов, Ультразвуковая ванна для очистки форсунок Launch, Стенд по системе инжекторного питания бензинового двигателя автомобиля «TOYOTA», Стенд по электрооборудованию современного автомобиля «TOYOTA». |

|     |   |
|-----|---|
| 7.3 | 720000 Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр Шабдан Баатыра, 140, Технический паспорт единицы недвижимого имущества от 10.06.2002 г., этаж III Литер А, кабинет 6 – учебный компьютерный класс 3/305. Компьютерный класс на 40 посадочных мест с выходом в Интернет и электронную библиотеку КРСУ для самостоятельной работы магистрантов. |
|-----|---|

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### МОДУЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ВКЛЮЧАЕТ:

1. Текущий контроль: усвоение учебного материала на аудиторных занятиях (лекциях, практических, в том числе учитывается посещение и активность) и выполнение обязательных заданий для самостоятельной работы.
  2. Рубежный контроль: проверка полноты знаний и умений по материалу модуля в целом. Выполнение модульных контрольных заданий проводится в письменном виде и является обязательной компонентой модульного контроля.
- Промежуточный контроль - завершенная задокументированная часть учебной дисциплины (1 семестр-зачет с оценкой) - совокупность тесно связанных между собой зачетных модулей.

### ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОМЕЖУТОЧНОМУ КОНТРОЛЮ:

При явке на экзамен студенты обязаны иметь при себе зачетные книжки, которые они предъявляют преподавателю в начале экзамена.

Преподавателю предоставляется право поставить оценку без опроса по билету тем студентам, которые набрали более 60 баллов за текущий и рубежный контроли.

На промежуточном контроле студент должен верно ответить на вопросы билета.

Студенты могут использовать технические средства, справочно-нормативную литературу, наглядные пособия, учебные программы.

Оценка промежуточного контроля:

- min 20 баллов - Вопросы для проверки уровня обученности ЗНАТЬ (в случае, если при ответах на заданные вопросы студент правильно формулирует основные понятия)
- 20-25 баллов - Задания для проверки уровня обученности УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ (в случае, если студент правильно формулирует сущность заданной в билете проблемы и дает рекомендации по ее решению)
- 25-30 баллов - Задания для проверки уровня обученности УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ (в случае полного выполнения контрольного задания)

### ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКУЩЕМУ КОНТРОЛЮ.

Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

1. После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня.
2. При подготовке к следующей лекции, нужно просмотреть текст предыдущего материала, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции.
3. В течение недели выбрать время для работы с рекомендуемой литературой.
4. Для подготовки к практическим занятиям и выполнению самостоятельной работы необходимо сначала прочитать основные понятия и подходы по теме задания. Рекомендуется использовать методические указания по курсу, конспекты лекций. При выполнении задания нужно сначала понять, что требуется в нем, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план выполнения, а затем приступить к заданию и сделать качественный вывод.
6. При подготовке к промежуточному и рубежному контролю нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно выполнить несколько типовых заданий.
7. Отработки пропущенных занятий.

Контроль над усвоением студентами материала учебной программы дисциплины осуществляется систематически преподавателем кафедры и отражается в журнале преподавателя и в баллах. Студент, получивший неудовлетворительную оценку по текущему материалу, обязан подготовить данный раздел и ответить по нему преподавателю на индивидуальном собеседовании.

Пропущенная без уважительных причин лекция должна быть отработана методом устного опроса лектором или подготовки реферата по материалам пропущенной лекции в течение месяца со дня пропуска. Возможны и другие методы отработки пропущенных лекций (опрос на практических, тестовый контроль и т.д.).

Отработка практических занятий:

- Каждое занятие, пропущенное студентом без уважительной причины, отрабатывается в обязательном порядке.
- Отработки проводятся по расписанию кафедры, согласованному с деканатом.
- Пропущенные занятия должны быть отработаны в течение 10 дней со дня пропуска. Пропущенные студентом без уважительной причины практические занятия отрабатываются не более одного занятия в день. Пропущенные занятия по уважительной причине (по болезни, пропуски с разрешения деканата) отрабатываются по тематическому материалу без учета часов.
- Студент, не отработавший пропуск в установленные сроки, допускается к очередным занятиям только при наличии разрешения декана или его заместителя в письменной форме. Не разрешается устранение от очередного практического занятия или лабораторной работы студентов, слабо подготовленных к данным занятиям.
- Для студентов, пропустивших практические занятия из-за длительной болезни, отработка должна проводиться после разрешения деканата по индивидуальному графику, согласованному с кафедрой.
- В исключительных случаях (участие в межвузовских конференциях, соревнованиях, олимпиадах, дежурство и др.) декан и его заместитель по согласованию с кафедрой могут освобождать студентов от отработок некоторых пропущенных занятий.

### КОЛЛОКВИУМ

При проведении коллоквиума по темам дисциплины предлагаются вопросы для опроса из списка ФОС. Задачи

коллоквиума:

Коллоквиум ставит следующие задачи:

- Проверка и контроль полученных знаний по изучаемой теме или разделу.
- Расширение проблематики в рамках дополнительных вопросов по теме или разделу.
- Углубление знаний при помощи использования дополнительных материалов при подготовке к занятию.

Студенты должны продемонстрировать умения работы с различными видами источников (наглядными учебными пособиями, литературными источниками, информационно-справочными материалами в том числе электронными учебниками и учебными пособиями и т.д.).

Студент может себя считать готовым к сдаче коллоквиума по избранной работе, когда у него есть им лично составленный и обработанный конспект сдаваемой работы, он знает структуру работы в целом, содержание работы в целом или отдельных ее разделов; умеет раскрыть рассматриваемые проблемы и высказать свое отношение к прочитанному и свои сомнения, а также знает, как убедить преподавателя в правоте своих суждений.

Этапы проведения коллоквиума:

1. Самостоятельная подготовка студентов к вопросам (домашнее задание, вопросы по вариантам).

2. Начало занятия:

- Студентов разбиваются на микрогруппы по 5-7 человек и рассаживаются соответствующим образом, чтобы им было удобно работать совместно;
- Представитель микрогруппы вытягивает вопрос по заданной теме или разделу для совместного обсуждения в своей микрогруппе.

3. Этап ответов на поставленные вопросы:

- Студентам дается на обдумывание и обсуждение поставленного вопроса 10 минут, после этого один из студентов микрогруппы дает ответ;
- Студенты из других микрогрупп задают вопросы отвечающему, комментируют и дополняют предложенный ответ;
- Преподаватель регулирует обсуждения, задавая наводящие вопросы, корректируя неправильные или неполные ответы;
- Преподаватель делает пометку возле номера микрогруппы «верно / неверно», «полный / неполный», «аргументированный / неаргументированный», и задает следующий вопрос.

Итог.

- На заключительном этапе суммируются результаты по каждой микрогруппе;
- Дается характеристика работы каждой микрогруппы, ответы каждого ответившего студента;
- Выделяются наиболее грамотные и корректные ответы студентов и выставляет оценки. Если студент, сдающий коллоквиум в группе студентов, не отвечает на поставленный вопрос, то преподаватель может его адресовать другим студентам, сдающим коллоквиум по данной работе. В этом случае вся группа студентов будет активно и вдумчиво работать в процессе собеседования. Каждый студент будет внимательно следить за ответами своих коллег, стремиться их дополнить, т.е. активно участвовать в обсуждении данного первоисточника.

## ДОКЛАД

Выступление-доклад должен представлять собой не пересказ чужих мыслей, а попытку самостоятельной проблематизации и концептуализации определенной, достаточно узкой и конкретной темы. Все имеющиеся в работе сноски тщательно выверяются и снабжаются «адресами». Недопустимо включать в свою работу выдержки из работ других авторов без указания на это, пересказывать чужую работу близко к тексту без отсылки к ней, использовать чужие идеи без указания первоисточника. Это касается и источников, найденных в Интернете. Необходимо указывать полный адрес сайта. Все случаи плагиата должны быть исключены. В конце работы дается исчерпывающий список всех использованных источников. Подготовка доклада к занятию.

Основные этапы подготовки доклада:

- выбор темы (по заданию преподавателя);
- консультация преподавателя;
- подготовка плана доклада;
- работа с источниками и литературой, сбор материала;
- написание текста доклада;
- оформление рукописи и предоставление ее преподавателю до начала доклада, что определяет готовность студента к выступлению;
- выступление с докладом, ответы на вопросы. Тематика доклада предлагается преподавателем в ФОС.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ. Эталонный ответ в ПРИЛОЖЕНИИ 5

Таблица 1. Значение функции отклика.

| вар-т | ВЫХОД |     |     |
|-------|-------|-----|-----|
|       | y1    | y2  | y3  |
| N     |       |     |     |
| 1     | 20    | 34  | 30  |
| 2     | 70    | 77  | 80  |
| 3     | 64    | 67  | 72  |
| 4     | 124   | 128 | 127 |
| 5     | 65    | 38  | 39  |
| 6     | 107   | 107 | 108 |
| 7     | 76    | 85  | 106 |
| 8     | 155   | 168 | 156 |

Таблица 2. Доверительные вероятности по вариантам.

| a    | № варианта      |
|------|-----------------|
| 0,9  | 1,5,10,15, 9,13 |
| 0,95 | 2,6,11,16, 20   |
| 0,98 | 3,7,12,17, 21,8 |
| 0,99 | 4,14,18,19, 22  |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ " Аналитические и числовые методы в планировании экспериментов и инженерном анализе "**

**Курс 1, семестр 1, Количество ЗЕ - 2, Отчетность – зачет с оценкой**

| Название модулей дисциплины согласно РПД        | Контроль          | Форма контроля   | Зачетный минимум | Зачетный максимум | График контроля |
|---|-------------------|--|------------------|-------------------|-----------------|
| <b>Модуль 1</b>                                 |                   |  |                  |                   |                 |
| Принципы планирования эксперимента              | Текущий контроль  | Активность, посещаемость, выполнение задания по данному разделу, фронтальный опрос | 8                | 15                | 8 неделя        |
|   | Рубежный контроль | Доклад по заданной тематике и защита задания для коллоквиума                       | 12               | 20                |                 |
| <b>Модуль 2</b>                                 |                   |  |                  |                   |                 |
| Анализ экспериментальных данных                 | Текущий контроль  | Активность, посещаемость, выполнение задания по данному разделу, фронтальный опрос | 8                | 15                | 16 неделя       |
|   | Рубежный контроль | Защита задания для коллоквиума и эссе  | 12               | 20                |                 |
| <b>ВСЕГО за семестр</b>                         |                   |  | 40               | 70                |                 |
| <b>Промежуточный контроль (зачет с оценкой)</b> |                   | Зачет  | 20               | 30                |                 |
| <b>Семестровый рейтинг по дисциплине</b>        |                   |  | 60               | 100               |                 |

**Практические задания по дисциплине: Аналитические и числовые методы в планировании экспериментов и инженерном анализе**

Цель работы: закрепление знаний, умений и навыков по планированию дробного факторного эксперимента (ДФЭ).

Задачи:

- ознакомиться с представленным методическим материалом;
- используя ПРИЛОЖЕНИЕ 5 выполнить работы найти соотношения, задающие совместные оценки;
- ответить на контрольные вопросы;
- работу оформить в виде отчета по практической работе.

**Методический материал**

3.4.1 Дробный факторный эксперимент

При большом количестве факторов ( $k > 3$ ) проведение полного факторного эксперимента связано с большим числом экспериментов, значительно превосходящим число коэффициентов линейной модели. Если при получении модели можно ограничиться, линейным приближением, т. е. получить адекватную модель в виде полинома  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k$ , то число экспериментов можно существенно сократить в результате использования дробного факторного эксперимента. Так, например, в полном факторном эксперименте типа  $2^2$  при линейном приближении коэффициент регрессии  $b_{12}$  можно принять равным нулю, а столбец  $x_1x_2$  матрицы (таблица 3.15) использовать для третьего фактора  $x_3$ .

Таблица 3.15 – Матрица эксперимента

| Номер эксперимента | $x_0$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$<br>( $x_1x_2$ ) | $y$   |
|--------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|
| 1                  | +     | +     | +     | +                     | $y_1$ |
| 2                  | +     | -     | +     | -                     | $y_2$ |
| 3                  | +     | +     | -     | -                     | $y_3$ |
| 4                  | +     | -     | -     | +                     | $y_4$ |

В этом случае линейная модель будет определяться уравнением:  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$ . Для определения коэффициентов этого уравнения достаточно провести четыре эксперимента вместо восьми в полном факторном эксперименте типа  $2^3$ . План эксперимента, предусматривающий реализацию половины экспериментов полного факторного эксперимента, называют полуреplikой. При увеличении числа факторов ( $k > 3$ ) возможно применение реплик большей дробности. Дробной репликой называют план эксперимента, являющийся частью плана полного факторного эксперимента. Дробные реплики обозначают зависимостью  $2^{k-p}$ , где  $p$  – число линейных эффектов, приравненных к эффектам взаимодействия. При  $p = 1$  получают полуреplikу; при  $p = 2$  получают  $1/4$  - реплику; при  $p = 3$  получают  $1/8$  - реплику и т. д. по степеням двойки. Так, например, если в полном факторном эксперименте  $2^3$  (таблица 3.16) один из эффектов взаимодействия ( $x_1x_2$ ,  $x_1x_3$ ,  $x_2x_3$ ,  $x_1x_2x_3$ ) заменить четвертым фактором  $x_4$ , то получим полуреplikу  $2^{4-1}$  от полного факторного эксперимента  $2^4$ . Если два эффекта взаимодействия заменить факторами  $x_4$  и  $x_5$ , то получим  $1/4$ -реплику  $2^{5-2}$  от полного факторного эксперимента  $2^5$ .

Таблица 3.16 – Матрица полного факторного эксперимента типа  $2^3$

| Номер эксперим. | $X_0$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_1x_2$ | $x_1x_3$ | $x_2x_3$ | $x_1x_2x_3$ | $y$   |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------------|-------|
| 1               | +     | -     | -     | +     | +        | -        | -        | +           | $y_1$ |
| 2               | +     | +     | -     | +     | -        | +        | -        | -           | $y_2$ |
| 3               | +     | -     | +     | +     | -        | -        | +        | -           | $y_3$ |
| 4               | +     | +     | +     | +     | +        | +        | +        | +           | $y_4$ |
| 5               | +     | -     | -     | -     | +        | +        | +        | -           | $y_5$ |
| 6               | +     | +     | -     | -     | -        | -        | +        | +           | $y_6$ |
| 7               | +     | -     | +     | -     | -        | +        | -        | +           | $y_7$ |
| 8               | +     | +     | +     | -     | +        | -        | -        | -           | $y_8$ |

Можно получать  $1/8$ -реплику от полного факторного эксперимента  $2^6$ , заменив три эффекта взаимодействия факторами  $x_4$ ,  $x_5$  и  $x_6$ . Если заменить четыре эффекта взаимодействия факторами  $x_4$ ,  $x_5$ ,  $x_6$  и  $x_7$ , то получим,  $1/16$  –реплику  $2^{7-4}$  от полного факторного эксперимента  $2^7$ .

Реплики, которые используют для сокращения числа экспериментов в  $2^m$  раз, где  $m=1, 2, 3 \dots$ , называют регулярными.

В связи с тем, что в дробных репликах часть взаимодействий заменена новыми факторами, найденные коэффициенты уравнения регрессии будут являться совместными оценками линейных эффектов и эффектов взаимодействия. Так, например, если в матрице (таблица 3.15) вычислим элементы столбцов для произведений  $x_1x_3$  и  $x_2x_3$ , то увидим, что элементы столбца  $x_1x_2$  совпадают с элементами столбца  $x_2$ , а элементы столбца  $x_2x_3$  – с элементами столбца  $x_1$ . Следовательно, коэффициенты  $b_1, b_2, b_3$  будут оценками совместных эффектов, а именно  $b_1 \rightarrow \beta_1 + \beta_{23}; \quad b_2 \rightarrow \beta_2 + \beta_{13}; \quad b_3 \rightarrow \beta_3 + \beta_{12}$ .

Коэффициент  $b_1$  является оценкой влияния фактора  $x_1$  и парного взаимодействия  $x_2x_3$  на функцию отклика. Влияние фактора  $x_1$  в этом случае характеризуется величиной  $\beta_1$ , а влияние взаимодействия – величиной  $\beta_{23}$ . Оценки, в которых невозможно разделить линейный эффект и эффект взаимодействия, называют смешанными. Линейные эффекты рекомендуется смешивать, прежде всего, с теми взаимодействиями, которые согласно априорной информации незначимы.

Число несмешанных линейных эффектов в дробной реплике называют ее разрешающей способностью.

Часто приходится решать задачи, в которых заранее можно полагать, что эффекты взаимодействия, хотя и малы по сравнению с линейными, но все же не равны нулю. В таких случаях необходимо заранее определить, какие коэффициенты являются смешанными оценками. Тогда в зависимости от условий поставленной задачи, подбирается такая дробная реплика, с помощью которой можно извлечь максимальную информацию из эксперимента.

Прямая оценка разрешающей способности дробной реплики затруднена. Поэтому дробные реплики задают с помощью генерирующих соотношений. Генерирующим называют соотношение, которое показывает, какое из взаимодействий принято незначимым и заменено новым фактором.

План типа  $2^{3-1}$  может быть представлен двумя полурепликами (таблица 3.17), которые задаются одним из следующих генерирующих соотношений:

$$x_3 = x_1x_2; \quad x_3 = -x_1x_2 \quad (3.38)$$

Генерирующие соотношения умножим на новую независимую переменную  $x_3$ :

$$x_3^2 = x_1x_2x_3 : x_3^2 = -x_1x_2x_3.$$

Таблица 3.17 – Две полуреплики плана типа  $2^{3-1}$

| Номер эксперимента | $x_3 = x_1x_2$ |       |       | Номер эксперимента | $x_3 = -x_1x_2$ |       |       |
|--------------------|----------------|-------|-------|--------------------|-----------------|-------|-------|
|                    | $x_1$          | $x_2$ | $x_3$ |                    | $x_1$           | $x_2$ | $x_3$ |
| 1                  | -              | +     | -     | 1                  | -               | +     | +     |
| 2                  | +              | +     | +     | 2                  | +               | +     | -     |
| 3                  | -              | -     | +     | 3                  | -               | -     | -     |
| 4                  | +              | -     | -     | 4                  | +               | -     | +     |

Поскольку всегда  $x_i^2 = 1$ , получим следующие соотношения 3.39:

$$I = x_1x_2x_3; \quad I = -x_1x_2x_3 \quad (3.39)$$

В результате умножения генерирующего соотношения на новую переменную получают так называемый определяющий контраст. Для указанных выше полуреplik определяющими контрастами будут зависимости (3.39). Зная определяющий контраст, можно найти соотношения, задающие совместные оценки. Для этого необходимо умножить независимые переменные  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3$  на определяющий контраст. Умножая определяющие контрасты (формула 3.39) на  $x_1$ , получим соотношения 3.40:

$$x_1 \cdot I = x_1^2x_2x_3; \quad x_1 \cdot I = -x_1^2x_2x_3. \quad (3.40)$$

Так как  $x_1^2 = 1$ , то  $x_1 = x_2x_3$ ;  $x_1 = -x_2x_3$ .

Умножая определяющие контрасты на  $x_2$  и  $x_3$ , получаем следующие соотношения 3.41:

$$x_2 = x_1x_3; \quad x_2 = -x_1x_3; \quad x_3 = x_1x_2; \quad x_3 = -x_1x_2. \quad (3.41)$$

Это означает, что коэффициенты регрессии будут оценками формула 3.42:

$$\begin{aligned} b_1 &\rightarrow \beta_1 + \beta_{23}; & b_1 &\rightarrow \beta_1 - \beta_{23}; \\ b_2 &\rightarrow \beta_2 + \beta_{13}; & b_2 &\rightarrow \beta_2 - \beta_{13}; \\ b_3 &\rightarrow \beta_3 + \beta_{12}; & b_3 &\rightarrow \beta_3 - \beta_{12}. \end{aligned} \quad (3.42)$$

### 3.4.2 Свойства матриц полного и дробного факторных экспериментов

1. *Свойство симметричности относительно центра эксперимента* – алгебраическая сумма элементов столбца каждого фактора равна нулю, определяется отношением 3.43:

$$\sum_{f=1}^N x_{ij} = 0, \quad (3.43)$$

где  $j$  – номер опыта;

$i$  – номер фактора;

$N$  – число опытов в матрице.

2. *Свойство нормировки* – сумма квадратов элементов каждого столбца равна числу опытов, определяется отношением 3.44:

$$\sum_{f=1}^N x_{ij}^2 = N \quad (3.44)$$

3. *Свойство ортогональности* – сумма построчных произведений элементов любых двух столбцов равно нулю, определяется отношением 3.45:

$$\sum_{f=1}^N x_{ij} x_{lj} = 0, \quad (3.45)$$

где  $i, l$  – номера факторов, причем  $i \neq l$ .

Ортогональность является одним из наиболее важных свойств матрицы. Ортогональность матрицы позволяет оценить все коэффициенты уравнения регрессии независимо друг от друга, т. е. величина любого коэффициента не зависит от того, какие величины имеют другие коэффициенты. Если тот или иной коэффициент регрессии окажется незначимым, то его можно не учитывать, не пересчитывая остальных.

4. *Свойство ротатабельности* – точки в матрице планирования подбирают так, что математическая модель, полученная по результатам полного или дробного факторных экспериментов, способна предсказывать параметры оптимизации с одинаковой точностью в любых направлениях на равных расстояниях от центра

эксперимента. Это очень важное свойство матрицы, так как, начиная эксперимент, исследователь не знает, в каком направлении предстоит двигаться в поисках оптимума.

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

" Аналитические и числовые методы в планировании экспериментов и инженерном анализе "

| Этап (уровень) освоения компетенции*  | Планируемые результаты обучения**<br><br>(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)   | Критерии оценивания результатов обучения |   |   |  |  |
|---|--|--|---|---|--|--|
|   |  | 1 (0-30 баллов)                          | 2 (31-60 баллов)  | 3 (60-69 баллов)  | 4 (70-84 балла)  | 5 (85-100 баллов)  |
| Способен проводить исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность при решении инженерных и научно-технических задач, включающих планирование и постановку эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов | <b><u>Владеть ОПК-4:</u></b><br><br>осуществлять поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил.  | Не владеет                               | Не способен выделить основную идею данной компетенции   | Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой по дисциплине  | Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой по дисциплине  | Способен дать собственную оценку изучаемого материала  |
|   | <b><u>Уметь ОПК-4:</u></b><br><br>реализовать и корректировать стратегию личного и профессионального развития с учетом конъюнктуры и перспектив развития на основании документов, и осуществлять поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил | Не умеет                                 | Может пересказать смысл как реализовать и корректировать стратегию личного и профессионального развития | Способен реализовать и корректировать стратегию личного и профессионального развития с учетом конъюнктуры и перспектив развития на основании документов | Способен осуществлять поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации | Может соотнести идеи задачи исследования, в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил |
|   | <b><u>Знать ОПК-4:</u></b><br><br>стратегией личного и профессионального развития с учетом конъюнктуры и перспектив развития на основании документов, и  | Не знает                                 | Не имеет четкого представления о стратегии личного и  | Знает как учитывать конъюнктуру и перспективы развития на   | Понимает как осуществлять поиск, отбор и систематизацию информации   | Способен выделить характерный авторский подход к поставленной  |

|  |   |  |                                   |                             |   |                 |
|--|---|--|-----------------------------------|-----------------------------|---|-----------------|
|  | <p>осуществлять поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил</p> |  | <p>профессионального развития</p> | <p>основании документов</p> | <p>для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил</p> | <p>й задаче</p> |
|--|---|--|-----------------------------------|-----------------------------|---|-----------------|

**Пример выполнения практических работ**

1 Полуреплика  $2^{4-1}$  может быть задана генерирующим соотношением  $x_4 = x_1x_2x_3$ .

Матрица планирования этой полуреплики представлена в таблице 3.18.

Определяющим контрастом полуреплики является соотношение 3.46:

$$I = x_1x_2x_3x_4. \tag{3.46}$$

Совместные оценки будут определяться из соотношений 3.47:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_2x_3x_4 & b_1 &\rightarrow \beta_1 + \beta_{234}; \\ x_2 &= x_1x_3x_4 & b_2 &\rightarrow \beta_2 + \beta_{134}; \\ x_3 &= x_1x_2x_4 & b_3 &\rightarrow \beta_3 + \beta_{124}; \\ x_4 &= x_1x_2x_3 & b_4 &\rightarrow \beta_4 + \beta_{123}; \\ x_1x_2 &= x_2x_4 & b_{12} &\rightarrow \beta_{12} + \beta_{34}; \\ x_1x_3 &= x_3x_4 & b_{13} &\rightarrow \beta_{13} + \beta_{24}; \\ x_1x_4 &= x_2x_3 & b_{14} &\rightarrow \beta_{14} + \beta_{23}. \end{aligned} \tag{3.47}$$

Таблица 3.18 – Полуреплика  $2^{4-1}$  с определяющим контрастом  $I = x_1x_2x_3x_4$

| Номер эксперимента | $x_0$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $y$   |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1                  | +     | -     | -     | +     | +     | $y_1$ |
| 2                  | +     | +     | -     | +     | -     | $y_2$ |
| 3                  | +     | -     | +     | +     | -     | $y_3$ |
| 4                  | +     | +     | +     | +     | +     | $y_4$ |
| 5                  | +     | -     | -     | -     | -     | $y_5$ |
| 6                  | +     | +     | -     | -     | +     | $y_6$ |
| 7                  | +     | -     | +     | -     | +     | $y_7$ |
| 8                  | +     | +     | +     | -     | -     | $y_8$ |

2 Полуреплика  $2^{4-1}$  может быть задана генерирующим соотношением  $x_4 = x_1x_2$ .

Матрица планирования этой полуреплики представлена в таблице 3.19.

Определяющим контрастом полуреплики является соотношение  $I = x_1x_2x_4$ .

Совместные оценки в этом случае будут определяться из соотношений 3.48:

$$x_1 = x_2x_4 \quad b_1 \rightarrow \beta_1 + \beta_{24};$$

$$\begin{aligned}
x_2 &= x_1 x_4 & b_2 &\rightarrow \beta_2 + \beta_{14}; \\
x_3 &= x_1 x_2 x_3 x_4 & b_3 &\rightarrow \beta_3 + \beta_{1234}; \\
x_4 &= x_1 x_2 & b_4 &\rightarrow \beta_4 + \beta_{12}; \\
x_1 x_3 &= x_2 x_3 x_4 & b_{13} &\rightarrow \beta_{13} + \beta_{234}; \\
x_2 x_3 &= x_1 x_3 x_4 & b_{23} &\rightarrow \beta_{23} + \beta_{134}; \\
x_3 x_4 &= x_1 x_2 x_3 & b_{34} &\rightarrow \beta_{34} + \beta_{123}
\end{aligned}
\tag{3.48}$$

Таблица 3.19 – Полуриплика  $2^{4-1}$  с определяющим контрастом  $I = x_1 x_2 x_4$

| Номер эксперимента | $x_0$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $y$   |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1                  | +     | -     | -     | +     | +     | $y_1$ |
| 2                  | +     | +     | -     | +     | -     | $y_2$ |
| 3                  | +     | -     | +     | +     | -     | $y_3$ |
| 4                  | +     | +     | +     | +     | +     | $y_4$ |
| 5                  | +     | -     | -     | -     | +     | $y_5$ |
| 6                  | +     | +     | -     | -     | -     | $y_6$ |
| 7                  | +     | -     | +     | -     | -     | $y_7$ |
| 8                  | +     | +     | +     | -     | +     | $y_8$ |

В практических задачах тройные и более высокого порядка взаимодействия значительно чаще, чем двойные, могут быть равными нулю, и ими обычно можно пренебречь. Полуриплика  $2^{4-1}$ , заданная генерирующим соотношением  $x_4 = x_1 x_2 x_3$ , позволяет получить отдельные оценки четырех линейных эффектов и три совместные оценки парных взаимодействий. В этом случае отдельными оценками будут  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  и  $b_4$ , так как тройными взаимодействиями  $\beta_{234}$ ,  $\beta_{134}$ ,  $\beta_{124}$  и  $\beta_{123}$  вследствие их незначимости можно пренебречь. В полуриплике, заданной генерирующим соотношением  $x_4 = x_1 x_2$ , три линейных эффекта, а именно  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_4$ , оказались смешанными с парными взаимодействиями. Разрешающая способность полуриплики, заданной генерирующим соотношением  $x_4 = x_1 x_2 x_3$ , получилась значительно выше, чем у полуриплики, заданной генерирующим соотношением  $x_4 = x_1 x_2$ . Следовательно, разрешающая способность полуриплики зависит от генерирующего соотношения, которым она задана.

3 Для оценки разрешающей способности реплик (большой дробности ( $1/4$ ,  $1/8$  и т. д.)) используют обобщающие определяющие контрасты.  $1/4$ -реплика  $2^{5-2}$  может

быть задана следующими генерирующими соотношениями:  $x_4 = x_1x_2x_3$ ,  $x_5 = x_2x_3$ .

Матрица планирования этой реплики представлена в таблице 3.20.

Определяющими контрастами реплики являются соотношения 3.49:

$$I = x_1x_2x_3x_4; \quad I = x_2x_3x_5 \quad (3.49)$$

Перемножив определяющие контрасты, получим третье соотношение 3.50:

$$I = x_1x_4x_5 \quad (3.50)$$

Полная характеристика разрешающей способности рассматриваемой реплики будет определяться обобщающим определяющим контрастом, имеющим вид 3.51:

$$I = x_1x_2x_3x_4 = x_2x_3x_5 = x_1x_4x_5. \quad (3.51)$$

Таблица 3.20 – Матрица планирования  $2^{5-2}$

| Номер эксперимента | $x_0$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ | $y$   |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1                  | +     | +     | +     | -     | -     | -     | $y_1$ |
| 2                  | +     | -     | +     | -     | +     | -     | $y_2$ |
| 3                  | +     | -     | -     | -     | +     | +     | $y_3$ |
| 4                  | +     | +     | -     | -     | -     | +     | $y_4$ |
| 5                  | +     | -     | +     | +     | +     | +     | $y_5$ |
| 6                  | +     | +     | +     | +     | -     | +     | $y_6$ |
| 7                  | +     | +     | -     | +     | -     | -     | $y_7$ |
| 8                  | +     | -     | -     | +     | +     | -     | $y_8$ |

Схему смешивания оценок находим последовательным умножением обобщающего определяющего контраста на  $x_1, x_2, x_3$  и т. д. – формула 3.52:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= x_2x_3x_4 = x_1x_2x_3x_5 = x_4x_5 & b_1 &\rightarrow \beta_1 + \beta_{234} + \beta_{1235} + \beta_{45}; \\
 x_2 &= x_1x_3x_4 = x_3x_5 = x_1x_2x_4x_5 & b_2 &\rightarrow \beta_2 + \beta_{134} + \beta_{35} + \beta_{1245}; \\
 x_3 &= x_1x_2x_4 = x_2x_5 = x_1x_3x_4x_5 & b_3 &\rightarrow \beta_3 + \beta_{124} + \beta_{25} + \beta_{1345}; \\
 x_4 &= x_1x_2x_3 = x_2x_3x_4x_5 = x_1x_5 & b_4 &\rightarrow \beta_4 + \beta_{123} + \beta_{2345} + \beta_{15}; \\
 x_5 &= x_1x_2x_3x_4x_5 = x_2x_3 = x_1x_4 & b_5 &\rightarrow \beta_5 + \beta_{12345} + \beta_{23} + \beta_{14}; \\
 x_1x_2 &= x_3x_4 = x_1x_3x_5 = x_2x_4x_5 & b_{12} &\rightarrow \beta_{12} + \beta_{34} + \beta_{135} + \beta_{245}; \\
 x_1x_3 &= x_2x_4 = x_1x_2x_5 = x_3x_4x_5 & b_{13} &\rightarrow \beta_{13} + \beta_{24} + \beta_{125} + \beta_{345}.
 \end{aligned} \quad (3.52)$$

4 Для  $1/16$  реплики генерирующими соотношениями являются соотношения 3.53:

$$x_4 = x_1x_2x_3; \quad x_5 = x_1x_2; \quad x_6 = x_1x_3; \quad x_7 = x_2x_3 \quad (3.53)$$

Матрица планирования этой реплики представлена в таблице 3.21.

Определяющими контрастами реплики будут соотношения 3.54:

$$I = x_1x_2x_3x_4; \quad I = x_1x_2x_5; \quad I = x_1x_3x_6; \quad I = x_2x_3x_7. \quad (3.54)$$

Если попарно перемножить определяющие контрасты  $1x_2; 1x_3; 1x_4; 2x_3; 2x_4; 3x_4$ , то получим соотношения 3.55:

$$I = x_3x_4x_5; \quad I = x_2x_4x_6; \quad I = x_1x_4x_7; \\ I = x_2x_3x_5x_6; \quad I = x_1x_3x_5x_7; \quad I = x_1x_2x_6x_7 \quad (3.55)$$

Произведения определяющих контрастов по три:  $1x_2x_3; 1x_2x_4; 2x_3x_4; 1x_3x_4$  – будут равны соотношениям 3.56:

$$I = x_1x_4x_5x_6; \quad I = x_2x_4x_5x_7; \quad I = x_5x_6x_7; \quad I = x_3x_4x_6x_7 \quad (3.56)$$

Умножая определяющие контрасты по четыре, получим  $I = x_1x_2x_3x_4x_5x_6x_7$ .

Таблица 3.21 - Матрица планирования  $2^{7-4}$

| Номер эксперимента | $x_0$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ | $x_6$ | $x_7$ | $y$   |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1                  | +     | +     | -     | +     | -     | -     | +     | -     | $y_1$ |
| 2                  | +     | -     | -     | +     | +     | +     | -     | -     | $y_2$ |
| 3                  | +     | -     | +     | +     | +     | +     | +     | +     | $y_3$ |
| 4                  | +     | +     | +     | +     | -     | -     | -     | +     | $y_4$ |
| 5                  | +     | -     | -     | -     | +     | -     | -     | +     | $y_5$ |
| 6                  | +     | +     | -     | -     | -     | +     | +     | +     | $y_6$ |
| 7                  | +     | +     | +     | -     | -     | +     | -     | -     | $y_7$ |
| 8                  | +     | -     | +     | -     | +     | -     | +     | -     | $y_8$ |

Чтобы полностью характеризовать разрешающую способность данной реплики, запишем обобщающий определяющий контраст

$$I = x_1x_2x_3x_4 = x_1x_2x_5 = x_1x_3x_6 = x_2x_3x_7 = x_3x_4x_5 = x_2x_4x_6 = x_1x_4x_7 = x_2x_3x_5x_6 = \\ x_1x_3x_5x_7 = x_1x_2x_6x_7 = x_1x_4x_5x_6 = x_2x_4x_5x_7 = x_5x_6x_7 = x_3x_4x_6x_7 = x_1x_2x_3x_4x_5x_6x_7.$$

Если эффектами взаимодействия, начиная с тройных, можно пренебречь, то коэффициенты будут оценками 3.57:

$$b_1 \rightarrow \beta_1 + \beta_{25} + \beta_{36} + \beta_{47}; \quad b_2 \rightarrow \beta_2 + \beta_{15} + \beta_{37} + \beta_{46}; \\ b_3 \rightarrow \beta_3 + \beta_{16} + \beta_{27} + \beta_{45}; \quad b_4 \rightarrow \beta_4 + \beta_{35} + \beta_{26} + \beta_{17}; \\ b_5 \rightarrow \beta_5 + \beta_{12} + \beta_{34} + \beta_{67}; \quad b_6 \rightarrow \beta_6 + \beta_{13} + \beta_{24} + \beta_{57}; \\ b_7 \rightarrow \beta_7 + \beta_{23} + \beta_{14} + \beta_{56}. \quad (3.57)$$

Таким образом, получаем весьма сложную систему смешивания. Все линейные эффекты оказались смешанными с несколькими парными взаимодействиями, поэтому разрешающая способность этой дробной реплики очень низкая. Пользоваться такой репликой можно лишь в том случае, если все парные взаимодействия близки к нулю.

Выбор дробной реплики зависит от конкретной задачи. Для получения линейной модели рекомендуют выбирать дробные реплики с возможно большей разрешающей способностью, т. е. реплики, у которых линейные эффекты смешаны с эффектами взаимодействия близкими к нулю. При выборе дробной реплики важно учитывать насыщенность плана, т. е. соотношение между числом опытов и числом коэффициентов, определяемых по результатам этих экспериментов. Дробная реплика, полученная заменой всех эффектов взаимодействия новыми факторами, называется насыщенной. Применение насыщенных планов требует минимального числа экспериментов. Число экспериментов в матрице насыщенной дробной реплики равно числу коэффициентов линейной модели. Гипотезу адекватности модели в этом случае проверить невозможно, так как число степеней свободы равно нулю.

Например, 1/16-реплика от полного факторного эксперимента  $2^7$  (таблица 5.12) является насыщенной, так как линейная модель не содержит коэффициентов, которые необходимо определить по результатам восьми экспериментов. При этом не остается степеней свободы для проверки адекватности модели.

Дробные реплики широко применяют при получении линейных моделей. Эффективность применения дробных реплик зависит от удачного выбора системы смешивания линейных эффектов с эффектами взаимодействия. При построении дробных реплик используют следующее правило: новый фактор, введенный в планирование, нужно поместить в столбец матрицы, принадлежащий взаимодействию, которым можно пренебречь.

ГОУ ВПО Кыргызско-Российский Славянский университет имени первого Президента  
Российской Федерации Б.Н. Ельцина

Рецензия

на рабочие программы дисциплин, формирующие ОПК и ПК основной  
профессиональной образовательной программы

23.04.01 (670300) «Технология транспортных процессов» магистерская программа  
«Интеллектуальные транспортные системы и логистика в технологии транспортных  
процессов»

Составители:

Глазунов Д.В. – д.т.н. профессор кафедры,  
Глазунов В.И. – к.т.н. профессор кафедры,  
Советбеков Б.С. – д.т.н. профессор кафедры,  
Элеманов Ч.З. – к.т.н. доцент кафедры,  
Алсеитов М.Т. – к.т.н. доцент кафедры,  
Дресвянников С.Ю. – к.т.н. доцент кафедры.

Рецензенты:

Джаманкулов А. К. – к.т.н., доцент кафедры «Механики» КРСУ,  
Николаиди Г.Х. – председатель ассоциации «Альянс-Бус».

Рабочие программы дисциплин, формирующие ОПК и ПК, являются частью основной профессиональной образовательной программы высшего профессионального образования 23.04.01 (670300) - «Технология транспортных процессов».

Рабочие программы дисциплин, формирующие ОПК и ПК, имеют четкую структуру и включают все необходимые элементы:

- наименование дисциплины;
- цели освоения дисциплины;
- указание места дисциплины в структуре ОПОП;
- компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины с планируемыми результатами обучения по уровням;
- перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП;
- структуру и содержание дисциплины, структурированные по разделам и темам с указанием отведенного на них количества академических часов по видам учебных занятий;
- фонд оценочных средств, включающий в себя контрольные вопросы и задания промежуточного контроля (для проверки уровней обученности знать, уметь и владеть); перечень видов оценочных средств с полным банком теоретических и практических заданий для проверки текущей успеваемости (в том числе самостоятельной работы);
- перечень основной и дополнительной учебной литературы, а также методических разработок;
- перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины;
- перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем;
- описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающегося по освоению дисциплины (модуля);
- технологические карты дисциплины.

Рабочие программы дисциплин, формирующие ОПК и ПК, составлены логично, структура соответствует принципу единства теоретического и практического обучения, разделы выделены дидактически целесообразно. Последовательность тем, предлагаемых к изучению, направлена на качественное усвоение учебного материала. Виды самостоятельных

работ позволяют обобщить и углубить изучаемый материал и направлены на закрепление умения поиска, накопления и обработки информации.

| № п/п | Наименование  | Формируемые компетенции |
|-------|---|-------------------------|
|       | Блок 1. Дисциплины (модули)   |                         |
| 1.    | Менеджмент и маркетинг транспортных услуг   | ОПК-2                   |
| 2.    | Современные проблемы транспортной науки, техники и технологии                             | ОПК-1                   |
| 3.    | Инновационные технологии в транспортной отрасли   | ОПК-3                   |
| 4.    | Методы оптимизации планирования, организации и управления перевозками пассажиров и грузов | ОПК-6                   |
| 5.    | Компьютерные технологии в науке, производстве и образовании                               | ОПК-5                   |
| 6.    | Научные исследования транспортного процесса   | ОПК-4                   |
| 7.    | Принципы инженерного творчества   | ОПК-3                   |
| 8.    | Организация и управление транспортным предприятием  | ОПК-6                   |
| 9.    | Планирование, организация эксперимента и обработка экспериментальных данных               | ОПК-1                   |
| 10.   | Методы повышения функционирования дорожно-транспортного комплекса                         | ПК-1                    |
| 11.   | Экономико-математические методы определения оптимальных маршрутов                         | ПК-5                    |
| 12.   | Теория транспортных процессов и систем  | ПК-1; ПК-2              |
| 13.   | Мультимодальные транспортные системы  | ПК-1; ПК-2              |
| 14.   | Регулирование организации перевозок специфических грузов                                  | ПК-3; ПК-5              |
| 15.   | Современные тенденции обеспечения безопасности движения в транспортных процессах          | ПК-3; ПК-5              |
| 16.   | Проектирование и функционирование пассажирских транспортных систем                        | ПК-4; ПК-6              |
| 17.   | Социально-экономические проблемы повышения управляемости пассажирским транспортом         | ПК-4; ПК-6              |
| 18.   | Аналитические и числовые методы в планировании экспериментов и инженерном анализе         | ОПК-4                   |
| 19.   | Организация инновационной деятельности в транспортно-технологических комплексах           | ОПК-5                   |

Тематика и содержание видов занятий, формирующих практические навыки, соответствует требованиям к практическому опыту и умениям, обеспечивают освоение общепрофессиональных и профессиональных компетенций. Объем времени достаточен для усвоения указанного содержания учебного материала.

Анализ раздела рабочих программ «Материально-техническая база», позволяет сделать вывод, что образовательное учреждение располагает материально-технической базой, отвечающей современным требованиям подготовки специалистов, обеспечивает проведение всех видов лабораторных работ и практических занятий, учебной практики, предусмотренных программой. Перечень рекомендуемой основной и дополнительной литературы включает общедоступные источники, изданные в последнее время. Перечисленные Интернет-ресурсы актуальны и достоверны.

Авторами грамотно определены формы и методы контроля, используемые в процессе текущего и промежуточного контроля.

Основные показатели оценки результата позволяют диагностировать сформированность соответствующих ОПК и ПК.

Замечания в целом касаются усиления и более четкого определения отдельных тем СРС,

имеющих значение для формирования профессиональных навыков.

Представленные рабочие программы дисциплин, формирующие ОПК и ПК, являющиеся частью основной профессиональной образовательной программы высшего профессионального образования 23.04.01 (670300) - «Технология транспортных процессов», содержательны, имеет практическую направленность, включают достаточное количество разнообразных элементов, направленных на развитие умственных, творческих способностей обучающихся.

В целом, указанные выше рабочие программы дисциплин и практик, обеспечивают овладение обучающимися знаний, практических умений и навыков профессиональной деятельности.

**Рецензенты:**

**Внутренний**

к.т.н., доцент кафедры «Механики» КРСУ



Джаманкулов А. К.

**Внешний**

председатель ассоциации «Альянс-Бус»



Николаиди Г.Х.