

«

»

“ ”

“ ”

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Планирование и анализ эксперимента**

: 01.03.02

: 4, : 8

		<b>8</b>
<b>1</b>	( )	4
<b>2</b>		144
<b>3</b>	, .	46
<b>4</b>	, .	14
<b>5</b>	, .	0
<b>6</b>	, .	20
<b>7</b>	, .	8
<b>8</b>	, .	2
<b>9</b>	, .	10
<b>10</b>	, .	98
<b>11</b>	( , , )	
<b>12</b>		

( ): 01.03.02

228 12.03.2015 ., : 14.04.2015 .

: 1, ,

( ): 01.03.02

, 4 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

, . . . . .

:

, . . . . .

:

. . .

# 1.

1.1

<b>Компетенция ФГОС: ОПК.4 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности; в части следующих результатов обучения:</b>
5.
<b>Компетенция ФГОС: ПК.1 способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям; в части следующих результатов обучения:</b>
1.
<b>Компетенция ФГОС: ПК.2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат; в части следующих результатов обучения:</b>
2.
<b>Компетенция ФГОС: ПК.3 способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:</b>
1.

# 2.

2.1

--	--

<b>.1. 1</b>	
1. Знать математические методы оптимального планирования эксперимента при исследовании объектов различной природы	; ;
<b>.2. 2</b>	
2. Уметь реализовывать вычислительные алгоритмы синтеза непрерывных и дискретных оптимальных планов	; ;
<b>.3. 1</b>	
3. Уметь делать постановку задач планирования эксперимента с учетом прикладных целей исследования зависимостей	; ;
<b>.4. 5</b>	
4. Владеть основами программирования в одном из современных математических пакетов	; ;

# 3.

3.1

: 8						
:						
1.	0	2	1, 2, 3			
:						

2.	0	1	1, 2, 3, 4	
:				
3.	0	1	1, 2, 3	
:				
4.	0	1	1, 2, 3	
: ( ) D- G- D-				
5.	0	1	1, 2, 3	
:				
6.	0	1	1, 2, 3, 4	
: ( , , ).				
7.	0	1	1, 3, 4	
:				
8.	0	1	1, 2, 3, 4	
:				
9.	0	1	1, 2, 3	
: , , -				

10.	0	1	1, 2, 3	,
:				
11.	0	1	1, 3	,
: ( ) .				
12.	0	1	1, 3	.
:				
13.	0	1	1, 2, 3	.

3.2

	,	.		
: 8				
:				
1.	1	2	1	,
:				
2.	3	6	2, 4	
:				

3.	2	6	2,4	
:				
4.	2	6	3,4	

3.3

	,	.		
:8				
:				
.				
0.	0	0		

4.

:8				
1		2	38	4
: [ ]: - / . . . ; . . . - . . . , [2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000162618">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000162618</a> . - . . .				
2		2	40	4
: / . . . - ; [ ]:- , 2017 . . . [ ]: IV- / . . . , . . . ; . . . - . . . , [2011]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000160429">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000160429</a> . - . . .				
3		1	20	2

http://elibrary.nstu.ru/source?bib\_id=vtls000234042

5.

(. 5.1).

5.1

	e-mail;
	e-mail;
	e-mail

5.2

1	
<b>Краткое описание применения:</b> Обсуждение постановки задачи, вопросов реализации алгоритмов ее решения, полученных результатов	

6.

( ),

15- ECTS.

. 6.1.

6.1

<b>: 8</b>	
Лабораторная №1:	15
-	
Лабораторная №2:	15
-	
Лабораторная №3:	15
-	
Лабораторная №4:	15
-	
Курсовой проект: Итого	
-	
Экзамен:	40

		/	
.4	5.	+	+
.1	1.		+
.2	2.	+	+
.3	1.		+

1

## 7.

1. Сидняев Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебное пособие [для вузов по специальности "Прикладная математика"] / Н. И. Сидняев. - М., 2011. - 399 с. : ил., табл., схемы
  2. Попов А.А. Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем [Электронный ресурс]: монография/ А.А. Попов— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 296 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45413.html>.— ЭБС «IPRbooks»
  3. Попов А. А. Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем : [монография] / А. А. Попов. - Новосибирск, 2013. - 295 с. : ил., табл.. - Парал. тит. л. англ.
  4. Планирование научного эксперимента: Учебник/В.А.Волосухин, А.И.Тищенко, 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 176 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование: Магистратура) (Обложка) ISBN 978-5-369-01229-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=516516> - Загл. с экрана.
  5. Порсев Е. Г. Организация и планирование экспериментов : учебное пособие / Е. Г. Порсев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 152, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/porsev.pdf>
- 
1. Денисов В. И. Пакет программ оптимального планирования эксперимента : [монография] / В. И. Денисов, А. А. Попов. - М., 1986. - 158, [1] с. : ил.
  2. Федоров В. В. Теория оптимального эксперимента (планирование регрессионных экспериментов) : [монография] / В. В. Федоров. - М., 1971. - 311, [1] с. : ил.
- 
1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
  2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
  3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
  4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

5. :

8.

8.1

1. Попов А. А. Математические методы планирования эксперимента [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам для студентов IV-го курса ФПМИ / А. А. Попов, Д. В. Лисицин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000160429](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000160429). - Загл. с экрана.
2. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000234042](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042)
3. Попов А. А. Планирование и анализ эксперимента: методические указания по курсовому проектированию для студентов 4 курса ФПМИ всех направлений и специальностей [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. А. Попов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000162618](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000162618). - Загл. с экрана.
4. Планирование и анализ эксперимента : методические указания / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. А. Попов]. - Новосибирск, 2017

8.2

1 Python

9.

-

1	( - ) , ,	



### 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Планирование и анализ эксперимента приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.4 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	у5. уметь использовать специализированные программные средства при решении профессиональных задач	Планирование эксперимента для моделей дисперсионного анализа Численные процедуры поиска оценок параметров модели по методу наименьших квадратов, основанные на различных аппроксимациях остаточной суммы и самой модели.		Экзамен, вопросы 1-62, задача
ПК.1/НИ способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	з1. знать основы теории планирования эксперимента	Алгоритм последовательного достраивания синтеза дискретных оптимальных планов. Алгоритмы замены синтеза дискретных оптимальных планов. Задача оптимального планирования эксперимента. Информационная матрица и ее свойства. Комбинаторные планы эксперимента для моделей с качественными факторами. Критерии оптимальности планов эксперимента. Оценивание параметров нелинейных регрессионных моделей. Оценка информационной матрицы. Уровни априорной информации о параметрах модели. Решение экстремальной задачи поиска оптимального плана. Рычаги управления экспериментом. Стратегии планирования эксперимента при уточнении оценок параметров. Условия оптимальности планов эксперимента для различных критериев оптимальности. Численные процедуры построение непрерывных оптимальных планов.		Экзамен, вопросы 1-62, задача

ПК.2/НИ способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей	Построение дискретных оптимальных планов Построение непрерывных оптимальных планов эксперимент	Курсовой проект	Экзамен, вопросы 1- 62 , задача
ПК.3/НИ способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности	у1. уметь оценивать результаты моделирования и сопоставлять их с результатами натурных экспериментов	Планирование эксперимента для моделей дисперсионного анализа Построение оптимальных планов для нелинейных по параметрам моделей Численные процедуры поиска оценок параметров модели по методу наименьших квадратов, основанные на различных аппроксимациях остаточной суммы и самой модели.	Курсовой проект	Экзамен, вопросы 1- 62 , задача

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 8 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.4, ПК.1/НИ, ПК.2/НИ, ПК.3/НИ. Время подготовки на экзамене составляет 1,5 часа.

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

В 8 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются курсовой проект. Требования к выполнению курсового проекта, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсового проекта.

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

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.4, ПК.1/НИ, ПК.2/НИ, ПК.3/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### Общая характеристика уровней освоения компетенций.

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

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

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

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

Кафедра теоретической и прикладной информатики

**Паспорт экзамена**

По дисциплине "Планирование и анализ эксперимента", 8 семестр

**1. Методика оценки**

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

**Форма экзаменационного билета**

Дисциплина **Планирование и анализ эксперимента**

(наименование дисциплины)

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №**

№	Вопрос	Баллы (Макс.)
1	Что понимается под задачей оптимального планирования эксперимента.	3
2	При каких условиях эллипсоид рассеивания оценок параметров (его оси) будет ориентирован по своим координатам.	3
3	Приведите выражение для градиента функционала по весам точек плана. Эти компоненты положительны (неотрицательны), неположительны или произвольные?	3
4	Что такое информационная матрица однократного наблюдения в заданной точке и чему равен ее ранг?	3
5	Сколько оптимальных дискретных планов существует для заданной модели, области планирования, числа наблюдений и критерия качества – один или несколько, дайте пояснение.	3
6	Какая информация требуется для того, чтобы априори строить планы эксперимента для нелинейных по параметрам моделей.	3
7	Чем была вызвана необходимость появления такого алгоритма как "алгоритм Марквардта"?	3
8	При конструировании какого алгоритма построения оптимальных планов можно использовать факт, что ненулевые собственные числа матриц $X^T X$ и $XX^T$ совпадают	3
9	Модель $\eta(x, \theta) = \theta_1 + \theta_2 x$ , область планирования $\mathcal{X} = \{-1 \leq x \leq 1\}$ . Выполнить шаг итерационного процесса построения непрерывных D- оптимальных планов, используя последовательный алгоритм. Начальный план в точках -1,+1 с весами 1/4, 3/4. Какая точка добавляется в план?	8
10	Модель $\eta(x, \theta) = \theta_1 + \theta_2 x$ , область планирования – дискретное множество точек $\mathcal{X} = \{-1, -0.5, 0, 0.5, 1\}$ . Построить D – оптимальный дискретный план из 4-х точек, используя градиентный алгоритм замены точек. Начальный план в точках -1, -1, -1,+1 с весами 1/4.	8
	Итого	40

Составитель д.т.н., проф. Попов А.А.

\_\_\_\_\_ (подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Заведующий кафедрой д.т.н. В.М. Чубич

\_\_\_\_\_ (подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

## 2. Критерии оценки

- Ответ считается **неудовлетворительным**, если оценка составляет от 0 до 13 баллов, Студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, при решении задачи допускает принципиальные ошибки;
- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если оценка составляет от 14 до 20 баллов. Студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, знает базовые алгоритмы, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки;
- Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если оценка составляет от 21 до 32 баллов. Студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, методы, алгоритмы, проводит анализ причин, условий, не допускает ошибок при решении задачи;
- Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если оценка составляет от 33 до 40 баллов. Студент владеет математическим аппаратом, методами оптимального планирования эксперимента, демонстрирует глубокие знания и навыки решения задачи построения оптимальных планов эксперимента.

## 3. Шкала оценки

Итоговая аттестация по курсу проводится в виде экзамена. Для получения допуска к экзамену студент должен, как правило, выполнить и защитить все лабораторные работы.

Основной критерий допуска к экзамену – число набранных баллов в течение семестра, которое должно составить не менее 36 баллов.

Максимальное количество набираемых баллов в период итоговой аттестации равно 40 баллам. Если студент по результатам итоговой аттестации набирает **менее 14 баллов**, то ему выставляется оценка "неудовлетворительно" уровня FX вне зависимости от числа набранных баллов в семестре с возможностью пересдачи. При успешной пересдаче ему выставляется оценка "удовлетворительно" уровня E. Общее количество набранных баллов по дисциплине определяется простым суммированием набранных баллов по лабораторным работам и на экзамене.

Перевод набранного количества баллов в 15 бальную систему и 4-х бальную систему осуществляется по следующей схеме:

ECTS	A+	A	A-	B+	B	B-	C+	C	C-	D+	D	D-	E	FX	F
Баллы	96-100	93-95	90-92	87-89	83-86	80-82	76-79	73-75	70-72	66-69	63-65	60-62	50-59	25-49	0-24
	отлично			хорошо			удовлетворительно						неудовлетв.		

#### 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Планирование и анализ эксперимента»

##### Полный перечень вопросов

##### по дисциплине " Планирование и анализ эксперимента "

1. Что понимается под задачей оптимального планирования эксперимента.
2. Приведите пример "хорошего" и "плохого" плана эксперимента, аргументируйте ответ.
3. Оцените нижние и верхние границы числа точек в спектре оптимального плана.
4. По какой причине обычно требуется, чтобы число точек в спектре плана было не меньше числа параметров регрессионной модели? Ответ обоснуйте.
5. Что такое информационная матрица однократного наблюдения в заданной точке и чему равен ее ранг?
6. Приведите примеры целевых функций, которые могут использоваться при решении экстремальной задачи при поиске оптимального плана.
7. Что понимается под линейной комбинацией двух планов, трех планов?
8. В пространстве каких переменных описывается так называемый эллипсоид рассеивания? Выпишите уравнение его поверхности.
9. При каких условиях эллипсоид рассеивания оценок параметров (его оси) будет ориентирован по своим координатам.

10. Какой особенностью обладает эллипсоид рассеяния оценок параметров для D-оптимального плана?
11. Какой особенностью обладает эллипсоид рассеяния оценок параметров для A-оптимального плана?
12. Какой особенностью обладает эллипсоид рассеяния оценок параметров для E-оптимального плана?
13. Если модель будет использоваться для прогноза в заданную область (точку) факторного пространства, то какой критерий оптимальности планов эксперимента целесообразно использовать.
14. Как можно пытаться преодолеть проблему выбора критерия оптимальности планов эксперимента из достаточно большого их числа?
15. Приведите пример критериев оптимальности планов эксперимента, которых что-то объединяет или разъединяет.
16. Покажите эквивалентность D- и G- оптимального непрерывного планирования.
17. Выпишите условия A-оптимальности плана эксперимента. Для какого функционала от информационной матрицы они справедливы?
18. Выпишите условия D-оптимальности плана эксперимента. Для какого функционала от информационной матрицы они справедливы?
19. Приведите пример ортогонального плана для линейной модели с двумя факторами, имеющих два уровня варьирования.
20. Приведите выражение для производной по направлению для выпуклого функционала от информационной матрицы некоторого непрерывного нормированного плана. Для неоптимального плана она положительна (неотрицательна) или неположительна?
21. Приведите выражение для градиента функционала по весам точек плана. Эти компоненты положительны (неотрицательны), неположительны или произвольные?
22. Чем "хорош" и чем "плох" насыщенный план.
23. Приведите обоснование последовательной процедуры построения непрерывных оптимальных планов.
24. Что понимается под "очисткой" плана.
25. Перечислите основные блоки "комбинированного" алгоритма построения непрерывных оптимальных планов.
26. Что необходимо сделать, если на очередном шаге при оптимизации по координатам точек плана координаты какой-либо точки плана вышли за пределы области планирования. Опишите два варианта действий.
27. В чем отличие непрерывных планов от дискретных.
28. Известно, что множество информационных матриц является выпуклым (см. свойство 3 в теореме 1.1). Что это нам дает?
29. Сколько оптимальных дискретных планов существует для заданной модели, области планирования, числа наблюдений и критерия качества – один или несколько, дайте пояснение.
30. В чем состоит процедура округления оптимального непрерывного плана при решении задачи построения дискретного плана.
31. При увеличении числа наблюдений в оптимальном нормированном дискретном плане к чему стремится значение используемого критерия качества?
32. В чем отличие "градиентного" алгоритма замены от "комби-градиентного".
33. Можно ли обойтись без регуляризации информационной матрицы в последовательном алгоритме достраивания и что это в таком случае будет за алгоритм?

34. При конструировании какого алгоритма построения оптимальных планов можно использовать факт, что ненулевые собственные числа матриц  $X^T X$  и  $XX^T$  совпадают.
35. Что такое полный факторный эксперимент (ПФЭ). Приведите пример и контрпример.
36. Приведите пример условий субоптимальности при так называемом сингулярном планировании эксперимента.
37. Чем вызвана необходимость введения понятия "субоптимальности" планов эксперимента.
38. Какая информация требуется для того, чтобы априори строить планы эксперимента для нелинейных по параметрам моделей.
39. Чем была вызвана необходимость появления такого алгоритма как "алгоритм Марквардта"?
40. Назовите рычаги управления экспериментом при исследовании динамических систем.
41. Что такое план эксперимента "латинский квадрат". Приведите его пример.
42. Приведите пример гипер-греко-латинского квадрата или хотя бы идею его конструирования.
43. Существует ли насыщенный план, допускающий оценку всех параметрических функций, входящих в базис ФДО. Ответ обоснуйте.
44. Назовите причины, которые могут вызвать проблему сходимости в алгоритме Гаусса-Ньютона при оценивании параметров нелинейных моделей регрессии. Что можно предпринять для обеспечения сходимости?
45. Критерии оптимальности планов эксперимента. Критерии оптимальности и геометрия эллипсоида рассеивания.
46. Поиск оптимального плана как решение экстремальной задачи. Условия оптимальности (теорема) для общего случая.
47. Численные методы построения оптимальных непрерывных планов. Последовательный алгоритм. Обоснование алгоритма.
48. Дискретные оптимальные планы. Алгоритмы построения дискретных оптимальных планов (алгоритм градиентной замены)
49. Оптимальное планирование эксперимента для нелинейных по параметрам моделей регрессии. Уровень априорной информации о неизвестных параметрах и стратегии оптимального планирования (минимаксное, байесовское, локально-оптимальное и последовательное планирование).
50. Численные методы построения оптимальных непрерывных планов. Прямой-двойственный (комбинированный) алгоритм.
51. Оптимальное планирование эксперимента для моделей динамических систем, заданных в виде обыкновенных дифференциальных уравнений. Рычаги управления в эксперименте ( планирование измерений, входных сигналов, начальных условий, модели наблюдения). Алгоритмические и вычислительные аспекты.
52. Задача оптимального планирования эксперимента. Определение непрерывных и дискретных планов. Информационная матрица и ее свойства. Условия D-оптимальности планов эксперимента.
53. Критерии оптимальности планов эксперимента. Геометрия эллипсоида рассеяния оценок параметров и критерии оптимальности. Классификация критериев оптимальности.
54. Поиск оптимального плана как решение экстремальной задачи. Условия D-оптимальности.
55. Численные методы построения оптимальных дискретных планов. Последовательный алгоритм построения.

56. Дискретные оптимальные планы. Алгоритмы построения дискретных оптимальных планов (алгоритмы Федорова, Митчела)
57. Оптимальное планирование эксперимента для нелинейных по параметрам моделей регрессии. Уровень априорной информации о неизвестных параметрах и стратегии оптимального планирования (минимаксное, байесовское, локально-оптимальное и последовательное планирование).
58. Оптимальное планирование эксперимента для моделей динамических систем, заданных в виде обыкновенных дифференциальных уравнений. Рычаги управления в эксперименте (планирование измерений, входных сигналов, начальных условий, модели наблюдения). Алгоритмические и вычислительные аспекты.
59. Задача оптимального планирования эксперимента. Определение непрерывных и дискретных планов. Информационная матрица и ее свойства. Условия A-оптимальности планов эксперимента.
60. Задача оптимального планирования эксперимента. Определение непрерывных и дискретных планов. Информационная матрица и ее свойства. Условия E-оптимальности планов эксперимента.
61. Планирование эксперимента для моделей дисперсионного анализа. а). Латинские квадраты. б) использование редуцированной модели.
62. Планирование эксперимента для моделей дисперсионного анализа. а). Греко-Латинские квадраты. б) использование редуцированной модели.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра теоретической и прикладной информатики

**Паспорт  
курсового проекта**

по дисциплине «Планирование и анализ эксперимента», 8 семестр

Тематика курсового проекта по дисциплине охватывает такие области как: построение и анализ линейных моделей с номинальными факторами и факторами смешанной природы, построение оптимальных планов эксперимента для указанных моделей и нечетких регрессионных моделей.

При работе над курсовым проектом студент в первую очередь должен изучить теоретические основания решаемой задачи по предлагаемому списку литературных источников. Весь цикл работ по курсовому проектированию распадается на следующие четыре этапа.

**Этап 1.** Разработка технического задания. С учетом предъявленных внешних требований и математической постановки задачи студент подготавливает техническое задание на разработку необходимого программного обеспечения. Техническое задание представляется в виде системного проекта, имеющего в своем составе следующие разделы:

- *Требования по функциональности к системе в целом.* Описывается назначение программной системы в целом, перечень отдельных функций, фиксируется класс задач.
- *Типология входных данных.* Описываются типы входных данных, их возможные форматы, источники данных и их размещение, монопольное или раздельное использование, запрет или возможность редактирования и т.д.
- *Требования к математическому и алгоритмическому обеспечению.* Описываются требования к алгоритмам, моделям и методам решения отдельных функций и задач, например, по точности, по времени решения, по достоверности, по интерпретируемости результатов, по универсальности, по масштабируемости, по способности удовлетворить те или иные требования к системе и т.д.
- *Требования по автоматизации.* Описываются отдельные потоки человеко-машинных работ с указанием степени автоматизации их выполнения.
- *Сценарии работ с программной системой.* Описываются требования к тому, каким должен быть сценарий полного цикла рабочего использования системы. Описываются также различные неполные схемы использования (например, работа с уже ранее найденной моделью и т.д.). Описываются также режимы регламентных работ, отладочных, тестовых, режимов сопровождения.
- *Требования к уровню представления решений.* Описываются требования к составу, формату, местам хранения результатов работы системы, их переносимости, возможности повторного использования самой системой или во внешнем мире и т.д.

- *Требования по обеспечению достоверности решений.* Описывается какими средствами будет достигаться и обосновываться достоверность полученных решений. Это может быть глубокий предварительный анализ данных на возможность их использования, сравнение полученных решений с традиционными или эталонными. Чем больше всевозможных проверок на достоверность закладывается в систему, тем лучше.
- *Требования по уровню интеллектуальности.* Уточняется перечень процессов, работ, предобработки, постобработки, управление которыми осуществляется заложенными в программную систему правилами, что позволяет считать ее как программную систему со встроенным интеллектом.
- *Требования по реактивности системы, масштабируемости.* Описываются критические требования к быстродействию на типичных задачах, на задачах большой размерности, ограничения.
- *Требования к интерфейсу.* Формулируются типовые и специфические требования к организации интерфейса с пользователем. Например: "Приемы работы с интерфейсом, введенные в одной части системы, должны быть одинаковы и в других частях. Пользователь не должен вводить одни и те же данные несколько раз. Желательно везде, где можно, использовать значения по умолчанию. Должна существовать удобная система подсказок. Система должна своевременно обеспечивать пользователя сообщениями об ошибках и подтверждениями выполненных действий. Система должна быть рассчитана на пользователей разного уровня подготовки". Можно также указать "стандарт" интерфейса, на который следует ориентироваться.
- *Требования к установке.* Описываются требования к процессу установки программной системы, уровню его автоматизации, переносимости.
- *Требования к системе тестов.* Описываются наборы тестов, по которым можно судить о соответствии разработанной системе тем или иным требованиям. Тесты должны охватывать проверку всех наиболее критичных требований.
- *Отказоустойчивость системы.* Описывается, как должна реагировать система на те или иные нештатные ситуации, а также на непредсказуемые действия пользователя.
- *Расширяемость системы.* Описываются требования к возможностям и направлениям расширения системы.
- *Требования к платформе реализации, системному окружению.* Определяются основные архитектурные решения, внешние условия, окружение.
- *Требования к графику выполнения работ.* Определяются этапы выполнения работ, их состав, график, ресурсное обеспечение. Определяется также, какими документами заканчиваются те или иные этапы работ, процедуры их приемки.

**Этап 2.** Разработка рабочего проекта в виде прототипа действующей системы.

**Этап 3.** Отладка и тестирование программной системы.

**Этап 4.** Проведение отдельных исследований на разработанном программном обеспечении с целью сравнения и выбора эффективных алгоритмов, их настройки, выявления сильных и слабых их сторон, выработки рекомендаций по использованию.

По курсовому проекту студент должен представить пояснительную записку, отражающую все этапы выполнения курсового проекта и включающую как минимум следующие разделы:

1. Постановка задачи, оформленная в виде технического задания.
2. Теоретическая часть (краткое описание используемого метода решения задачи, аналитические выкладки).

3. Описание разработанного программного обеспечения.
4. Описание тестирования программы, тестовые примеры и полученные результаты.
5. Текст программы.

Отдельно на машинном носителе предоставляется исполняемая программная система.

## 2. Критерии оценки.

- проект считается **не выполненным**, если студент не выполнил большую часть этапов, оценка составляет 0-49 баллов.
- проект считается выполненным **на пороговом** уровне, если студент понимает основную суть решаемой задачи, выполнил большую часть задания, но допустил существенные ошибки в программах, оценка составляет 50-72 баллов.
- проект считается выполненным **на базовом** уровне, если студент выполнил задание почти полностью (возможно, с небольшими недочетами) и продемонстрировал понимание изученного метода решения задачи, а также разработал программу, проходящую основные тесты, оценка составляет 73-86 баллов.
- проект считается выполненным **на продвинутом** уровне, если студент, полностью и самостоятельно выполнил задание, продемонстрировал владение изученным методом решения задачи, правильно спроектировавший программу и, при наличии незначительных ошибок в программах, обнаруженных в ходе тестирования преподавателем, понимает способы их исправления, оценка составляет 87-100 баллов.

## 3. Шкала оценки.

Соответствие баллов рейтинга традиционным и БРС оценкам

Диапазон баллов рейтинга	Оценка ECTS	Традиционная оценка
0-24	F	Неудовлетворительно (без возможности пересдачи)
24-49	FX	Неудовлетворительно (с возможностью пересдачи)
50-72	E, D-, D, D+, C-	Удовлетворительно
73-86	C, C+, B-, B	Хорошо
87-100	B+, A-, A, A+	Отлично

## 4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

№	Название темы
1	«Синтез планов эксперимента для двухфакторных моделей с номинальными переменными»
2	«Синтез планов эксперимента для трехфакторных моделей с номинальными переменными»
3	«Синтез планов эксперимента для ковариационных моделей с двумя номинальными переменными»
4	«Синтез планов эксперимента для ковариационных моделей с тремя номинальными переменными»
5	«Синтез непрерывных D-планов эксперимента для нечетких однофакторных моделей с двумя

	подобластями определения»
6	«Синтез дискретных $D$ -планов эксперимента для нечетких однофакторных моделей с двумя подобластями определения»
7	«Синтез непрерывных $D$ -планов эксперимента для нечетких однофакторных моделей с тремя подобластями определения»
8	«Синтез дискретных $D$ -планов эксперимента для нечетких однофакторных моделей с тремя подобластями определения»
9	«Синтез непрерывных $A$ -планов эксперимента для нечетких однофакторных моделей с двумя подобластями определения»
10	«Синтез дискретных $A$ -планов эксперимента для нечетких однофакторных моделей с двумя подобластями определения»
11	«Синтез непрерывных $A$ -планов эксперимента для нечетких однофакторных моделей с тремя подобластями определения»

### 1. Перечень вопросов к защите курсового проекта (работы).

1. Планирование эксперимента для моделей дисперсионного анализа. а).Латинские квадраты.,б)использование редуцированной модели.
2. Планирование эксперимента для моделей дисперсионного анализа. а).Греко-Латинские квадраты.,б)использование редуцированной модели.
3. Поиск оптимального плана как решение экстремальной задачи. Условия  $D$ -оптимальности.
4. Численные методы построения оптимальных дискретных планов. Последовательный алгоритм достраивания.
5. Дискретные оптимальные планы. Алгоритмы построения дискретных оптимальных планов (алгоритмы Федорова, Митчела)